

Министерство образования и науки Российской Федерации

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Д. А. Тарасов

ЗРЕНИЕ И ЧТЕНИЕ

Монография

Екатеринбург
УрФУ
2015

УДК 612.843.7:655.535.56
ББК 51.204.3+88.261.4-6
Т19

Рецензенты:

А. Н. Вараксин, проф., д-р физ.-мат. наук (институт промышленной экологии УрО РАН);
А. В. Вураско, проф., д-р техн. наук (Институт химической переработки растительного сырья и промышленной экологии)

Научные консультанты:

А. П. Сергеев, доц., канд. физ.-мат. наук,
Ж. Е. Ибраева, доц., канд. хим. наук, PhD.

Научный редактор – *А. Г. Тягунов*, доц., канд. техн. наук

В оформлении обложки использованы материалы предоставленные авторами.

Тарасов, Д. А.

Т19 Зрение и чтение: монография / Д. А. Тарасов. – Екатеринбург : УрФУ, 2015. – 76 с.
ISBN 978-5-321-02433-1

В монографии приведен обзор основных исследований, касающихся процесса чтения, зрения человека применительно к процессу чтения, вопросов разборчивости и читабельности текстов, а также некоторых санитарно-гигиенических норм чтения с бумажных и цифровых носителей. Проведен анализ данных, полученных в ходе различных исследований. Обнаружено наличие противоречий в результатах некоторых исследований и предложены пути разрешения данной проблемы.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся вопросами восприятия информации на естественных языках. Монография может быть использована при изучении учебных курсов «Психология ощущения и восприятия», «Психология обработки сенсорной информации», «Методы и средства научных исследований», «Типографика и макетирование».

Автор выражает глубокую признательность научному редактору А. Г. Тягунову и научным консультантам А. П. Сергееву и Ж. Е. Ибраевой, оказавшим значительную помощь при подготовке материалов к изданию.

Библиогр.: 250 назв. Табл. 6. Рис. 12.

УДК 612.843.7:655.535.56
ББК 51.204.3+88.261.4-6

ISBN 978-5-321-02433-1

© Уральский федеральный
университет, 2015
© Тарасов Д. А., 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение	6
Исследования разрешающей способности человеческого глаза применительно к чтению.....	8
Исследования зрения как оптико-динамической системы при восприятии текстов	17
Исследования разборчивости печатных текстов.....	27
Исследования разборчивости электронных текстов	41
Исследования читабельности текстов	43
Вопросы охраны здоровья и безопасности при чтении	49
Заключение	53
Список библиографических ссылок	57

Предисловие

Компьютерная революция 80-х годов прошлого века, получившая широкое применение в различных областях человеческой деятельности, буквально разделила полиграфию на «до» и «после». Навсегда ушли в историю многие технологические процессы допечатной подготовки, и вместе с ними забылось применение шрифтов, разработанных специально для набора текстов на кириллице: «Банниковская», «Школьная», «Новая», «Трудовская» и многие другие. Из старых гарнитур еще встречаются некоторые, например «Академия», а дореволюционный «Бодони» и вовсе забыт – им теперь набирают тексты «под старину», а ведь когда-то он был самым популярным при издании книг. Сегодня при наборе текстов чаще используются «импортные» шрифты, адаптированные под кириллицу.

Появление компьютерных шрифтов, поддерживающих кириллицу, существенно облегчило наборные процессы, но их воздействие на читателя пока остается не известным. Все дело в том, что шрифты имеют несколько функций. Первая – эстетика: шрифт должен нравиться не только автору или редактору, но и читателю. Вторая – привлекательность, используется в случае применения в рекламе. И третья, главная – удобочитаемость: шрифт не должен утомлять глаза и снижать внимание, текст должен доставляться читателю и усваиваться легко. Другая сторона медали – емкость шрифта. Он способен экономить бумагу или, наоборот, увеличивать ее расход. Например, при создании Большой Советской энциклопедии был применен специально разработанный для ее печати шрифт, сокративший объем издания на несколько томов. Современный предприимчивый издатель зачастую, наоборот, увеличивает объем издания для повышения его цены, играя емкостью шрифта. Таким образом, истинное предназначение шрифтов – передавать информацию читателю с наименьшим его утомлением для лучшего понимания и запоминания – учитывается не всегда. Как часто слышим мы выражение «книга читается легко, на одном дыхании». А что за этим стоит? Помимо прочего, правильно подобранный шрифт.

Авторы и издатели, если действительно хотят грамотно донести информацию до читателя, не повредив при этом его зрения, должны производить квалифицированный и обоснованный выбор гарнитур, кеглей, межстрочных и межбуквенных интервалов, длины наборной строки, цвета бумаги, цвета и насыщенности тона печатной краски, характера рисунка знаков, наличия засечек, контраста и толщины основных и соединительных штрихов, пропорции знаков. Имеют значение даже способ печати и пухлость бумаги. Многие полиграфисты слышали от издателей упрек в том, что раньше книги были другими, их было приятно взять в руки, не то, что нынешние. А почему? Старый добрый способ «высокой» печати заключался в применении рельефных печатных форм, где металлические литеры возвышались над пробельными элементами. При соприкосновении с бумагой излишки краски стекали к краям печатающих элементов, образуя оторочку по контуру каждой буквы, что радовало глаз читателя. Для такого способа печати, чтобы не пробить лист насквозь, применялась бумага с повышенной пухлостью, компенсировавшая деформацию при печати и улучшавшая тактильные свойства издания. Современные же книги печатаются способом плоской офсетной печати, и нет уже той старой отороченной буквы, вдавленной в толстый лист, а бумага в книгах – тонкая и гладкая.

Зарубежные ученые на протяжении многих десятков лет изучали свойства латинских шрифтов, немало результатов было получено и отечественными исследователями, но для шрифтов из старого «металлического» набора. Всего лишь 10 % из всех компьютерных шрифтов поддерживают родную кириллицу – совсем немного, но и для этого малого числа проведено незначительное количество исследований. В основном объектом анализа становилась специальная продукция, адресованная

так называемому не квалифицированному читателю – детям и людям с ограниченными возможностями по зрению.

Представленное издание посвящено весьма актуальной теме – обобщению информации о методах исследований шрифтов, а так же обзору всех известных данных об их свойствах.

Заведующий кафедрой «Полиграфия и веб-дизайн» УрФУ

канд. техн. наук, доц. *А. Г. Тягунов*

Введение

Обмен информацией в современной цивилизации в основном осуществляется через текст. Проблема операционализации и количественной оценки качества передачи структурированной текстовой информации становится все более значимой, поскольку эффективность усвоения знаний, процесса передачи опыта (например, в образовании) напрямую влияет на интеллектуальный потенциал человека. Поскольку возможности человека по оперативной обработке поступающей информации физически и психологически ограничены, именно человек, скорость его реакций и особенности восприятия являются лимитирующими факторами процесса передачи и усвоения различных видов информации. Для создания технологий подготовки оптимально структурированной текстовой информации необходимо проводить исследования, которые могут быть положены в основу новых знаний о человеке и особенностях его восприятия. При дальнейшем развитии исследований восприятия текстов возможно расширение информации о когнитивной деятельности человека. Однако сначала необходимо провести ревизию существующих данных, касающихся этого вопроса. Именно этой теме и посвящена настоящая работа.

Вопросы восприятия качества и понимания текстовой информации, построения модели чтения и выявления факторов, влияющих на восприятие текстов, волнуют исследователей уже более ста лет и чрезвычайно актуальны до сих пор. Исследования в основном ведутся по нескольким параллельным взаимопроникающим направлениям: исследования читабельности, исследования разборчивости, исследования движения глаз, исследования когнитивных процессов и нейропсихологической активности при чтении, исследования физиологии зрительной системы и вопросов безопасности чтения для человека. На сегодняшний день наука не имеет всеобщей законченной модели чтения. Можно утверждать, что западные и отечественные исследователи часто идут параллельными путями, пересекаясь довольно редко, и зачастую повторяют в той или иной форме работы друг друга. Необходимо отметить некоторую изолированность работ отечественных авторов. В то время, когда западные исследователи активно используют в своих изысканиях результаты, полученные в смежных областях науки (например, исследователи читабельности часто ссылаются на работы по физиологии и движению глаз), российские ученые, в основном, исследуют вопросы прикладного характера или темы, находящиеся в рамках какого-то узкого направления исследований. Впрочем, это относится к российской науке в целом.

Необходимо отметить наличие разночтений в терминологии, которые усложняют понимание и взаимное соотнесение западных и отечественных работ в этой области. В западной прессе с самого начала исследований термины *readability* и *legibility* используются исключительно контекстуально, но не всегда строго одинаково. Термин *legibility* чаще всего характеризует разборчивость шрифта или текста в целом, *readability* подразумевает комфорт восприятия, понимания и запоминания текстовой информации. Впрочем, в некоторых работах и эти термины меняют свое значение. Феличи [1] дал следующие определения: *разборчивость (legibility)* определяет возможность для читателя легко распознавать отдельные буквы

и сложенные из них слова; *читабельность* (*readability*) определяет легкость и комфорт, с которыми текст воспринимается и понимается. Таким образом разборчивость определяется характеристиками конкретной гарнитуры в конкретном исполнении (полиграфическом или «электронном», т.е. на экране электронного устройства). Читабельность же является скорее функцией когнитивной и сильно зависит от субъективных факторов. В советской и российской литературе часто используются другие термины. В частности, распространен термин «удобочитаемость», который, в целом, по контексту совпадает с приведенным понятием «разборчивость». При этом большое количество популярных публикаций в печати и в сети Интернет по-своему трактует это понятие, что не позволяет четко его операционализировать. Таким образом, налицо терминологическая путаница, которая существенно влияет на формирование векторов исследований. При цитировании иностранных статей в данной работе применялись определения Феличи. Некоторые специфические трактовки, при появлении, оговариваются дополнительно или даются в скобках.

Можно отметить и тот факт, что в целом устоявшиеся правила верстки и макетирования изданий основаны на большом количестве субъективно интерпретированных и эмпирических теорий, которые иногда противоречат результатам научных изысканий. Одной из задач данной работы было выявление таких «мифов» и их коррекция в соответствии с научно обоснованными данными.

Все численные данные в типографских единицах исчисления, приводимые в работе, продублированы в метрических единицах для удобства соотнесения результатов различных работ. Основные пространственные характеристики текста приведены на *рис. 1*.

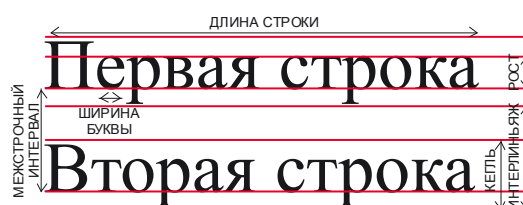


Рис. 1. Основные пространственные характеристики текста

Исследования разрешающей способности человеческого глаза применительно к чтению

Глаз человека (рис. 2) имеет шаровидную форму диаметром примерно 24 мм. Он состоит из трёх оболочек: наружной, сосудистой и сетчатой, а также внутреннего содержимого. Передняя часть наружной оболочки – роговица – подобна прозрачному окну, через неё лучи света попадают внутрь глаза. Имея выпуклую форму, она не только пропускает, но и преломляет эти лучи. Остальная часть наружной оболочки – склера – непрозрачна. Вторая оболочка – сосудистая – состоит из множества мелких сосудов, по которым кровь снабжает глаз кислородом и питательными веществами. В этой оболочке также выделяют несколько частей: переднюю – радужная оболочка, среднюю – цилиарное тело и заднюю – хориоидея.

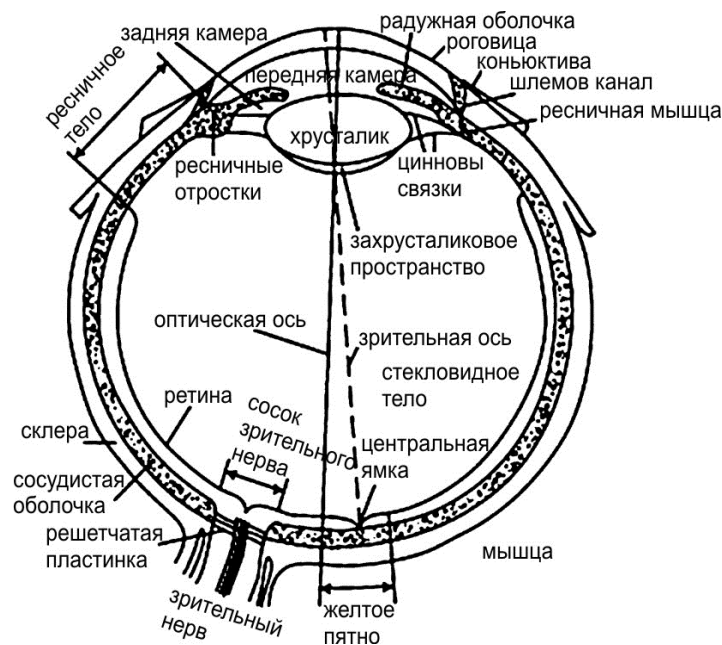


Рис. 2. Схема человеческого глаза

Цвет глаз определяется содержанием пигмента в радужной оболочке, которая видна через роговицу. В центре радужки находится круглое отверстие – зрачок. Его размеры меняются в зависимости от освещенности: в темноте он увеличивается, на ярком свете – уменьшается. Пространство между роговицей и радужкой называют передней камерой. Цилиарное тело вырабатывает внутриглазную жидкость, которая циркулирует внутри глаза, омывая и питая роговицу, хрусталик, стекловидное тело. Эта жидкость оттекает через специальную дренажную систему в углу передней камеры. В толще цилиарного тела находится и аккомодационная мышца, которая с помощью связок регулирует форму хрусталика. Хориоидея – задняя часть сосудистой оболочки – непосредственно контактирует с сетчаткой, обеспечивая

ей необходимое питание. Третья оболочка глаза – сетчатка – состоит из нескольких слоев нервных клеток и выстилает его изнутри. Именно она обеспечивает визуальную рецепцию. На сетчатке проецируются предметы, которые видит человек. Информация о них затем передается по зрительному нерву в головной мозг. Однако не вся сетчатка имеет одинаковую чувствительность: наибольшей зрительной способностью обладает макула – центральная часть сетчатки (*рис. 3*), где расположено основное количество «цветовых» зрительных клеток (колбочек).

Внутри оболочек заключены передняя и задняя (между радужкой и хрусталиком) камеры, заполненные внутри глазной жидкостью, а главное – хрусталик и стекловидное тело. Хрусталик имеет форму двояковыпуклой линзы. Как и роговица, он пропускает и преломляет лучи света, фокусируя изображение на сетчатке. Стекловидное тело имеет консистенцию желе и отделяет хрусталик от глазного дна. Слаженная работа всех отделов глаза позволяет человеку видеть вдаль и вблизи, днем и в сумерках, воспринимать многообразие цветов, ориентироваться в пространстве [2]. Острота зрения становится нормальной к 5–15 годам. Нормальное расстояние просмотра для взрослого человека равно приблизительно 40 см, для ребенка – около 25 см, хотя оно может иметь существенный индивидуальный разброс.

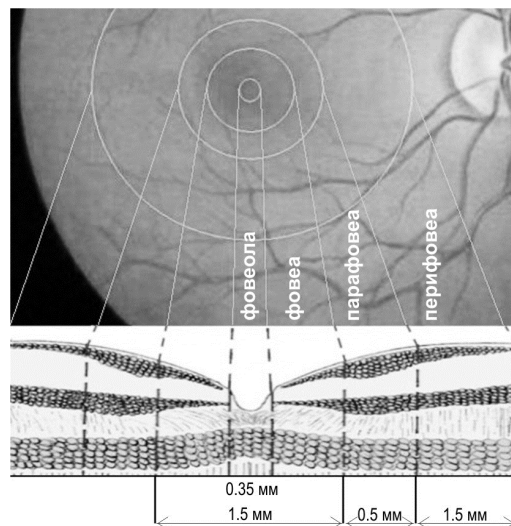


Рис. 3. Область центральной ямки сетчатки

Необходимо оценить влияние на диаметр зрачка условий освещения при просмотре. В работе [3] авторы суммировали исследования зависимости диаметра зрачка от яркости фона (освещенности глаза) и предложили адаптированную формулу. На *рисунке 4* приведены графики зависимостей диаметра зрачка от яркости, упомянутые в их работе. Луизов [4] приводит формулу зависимости диаметра зрачка (d , мм) от яркости источника света (L , кд/м²): $d = 5 - 3 \text{ th}(0,4 \lg L)$, которая, при построении графика, достаточно точно ложится на усредненную кривую на *рис. 4*. Также Луизов утверждает, что острота зрения фактически ограничивается дифракцией на зрачке.

На *рис. 5* показана кривая, впервые приведенная Волковым [5], отражающая контрастную чувствительность во всем диапазоне видимых ахроматических пространственных частот при центральной фиксации.

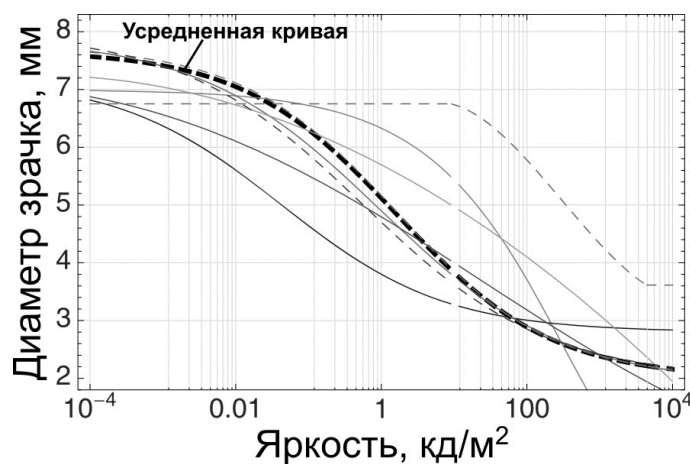


Рис. 4. Зависимость диаметра зрачка от яркости

В работе [6] авторы рассматривают вопрос контрастной чувствительности глаза в исторической перспективе, а также фокусируются на влиянии внутреннего шума зрительной системы. Отмечено, что при рассматривании в течение продолжительного времени решетки определенной пространственной частоты с высоким контрастом, чувствительность зрительной системы к этой пространственной частоте снижается. При этом затрагивается не только частота, вызывающая адаптацию, но и соседние пространственные частоты. Ширина полосы частот, в пределах которой происходит адаптация, составляет 1,5 октавы, что является, согласно модели Кемпбелла и Робсона, шириной пространственно-частотного канала. Максимальное снижение контрастной чувствительности наблюдается в центре этого диапазона частот. Подтверждены способность зрительной системы реагировать на отдельные компоненты спектра изображения и наличие пространственно-частотных каналов в зрительной системе. Тем самым обоснована применимость Фурье-анализа к исследованию зрительной системы. Бинокулярная контрастная чувствительность для всех пространственных частот от минимума до предельно высокой, но еще видимой пространственной частоты отличается от монокулярной в $1,4 (\sqrt{2})$ раза.



Рис. 5. Зависимость монокулярной контрастной чувствительности от пространственной частоты решетки

В работе [7] автор показал зависимость остроты зрения от яркости источника света для нескольких объектов различной контрастности (см. рис. 6).

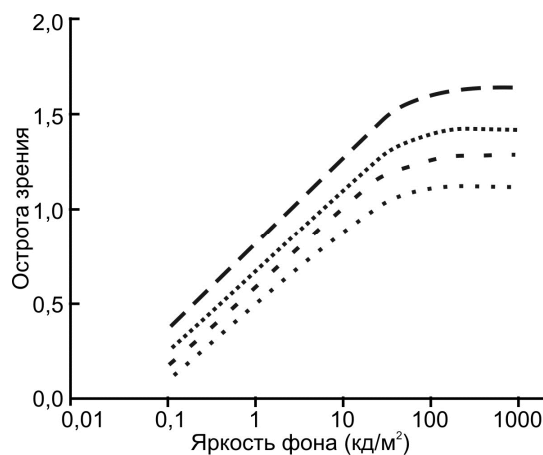


Рис. 6. Зависимость остроты зрения от яркости для различных расстояний просмотра (сверху вниз): 25, 30, 35, 40 см.

На рисунке 6 показана зависимость диаметра зрачка от силы света (логарифмическая шкала) и, в этих же осях, расстояния просмотра (25, 30, 35, 40 см).

В связи с неравномерным распределением колбочек в сетчатке различные ее участки неравноценны по остроте зрения. Почти в центре сетчатки находится небольшое углубление от 2,5 до 3 мм в диаметре, известное как желтое пятно, или макула. В ее центре находится центральная ямка около 0,3 мм в диаметре. Здесь колбочки тоньше (диаметрам от 0,0030 мм до 0,0015 мм) и более плотно упакованы, чем где-либо еще в сетчатке [8]. Наиболее высокая острота зрения в области центральной ямки желтого пятна, а по мере удаления от нее она быстро падает. Для формирования изображения с высоким разрешением, свет должен попадать на ямку (см. рис. 3), которая ограничивает острый угол зрения около 15° . В условиях низкой освещенности эта ямка представляет собой второе слепое пятно, так как состоит исключительно из колбочек. В работе [9] автор привела данные, что в человеческом глазу желтое пятно эллиптической формы и имеет угловые размеры $6^\circ \times 8^\circ$, что соответствует примерно $1 \times 1,5$ мм, диаметр центральной ямки (фовеа) составляет 0,4 мм и имеет поле зрения 1° . В работе [10] указано, что макула (желтое пятно) имеет диаметр 4,5–6 мм, а фовеола – 0,35 мм. Луизов [4] подробно рассматривает глаз с точки зрения восприятия информации, исходит из того, что разрешение глаза составляет $1'$, и указывает, что для моделирования глаза, как системы, воспринимающей информацию на близком расстоянии, более пригодна модель Гульстранда, а модель Вербицкого более просто описывает дальнее зрение. Автор указывает, что размер желтого пятна по горизонтали у различных исследователей от 1,5 до 3 мм, что соответствует угловым размерам от 5° до 10° , а центральная ямка имеет размер 0,4 мм, что соответствует углу $1,2^\circ$. По Гульстранду, расстояние от второй узловой точки до сетчатки (l') равно 16,668 мм, а ее расстояние от центра роговицы равно 7,332 мм, длина глаза принята (l_r) 24 мм, расстояние между узловыми точками (NN') равно 0,254 мм.

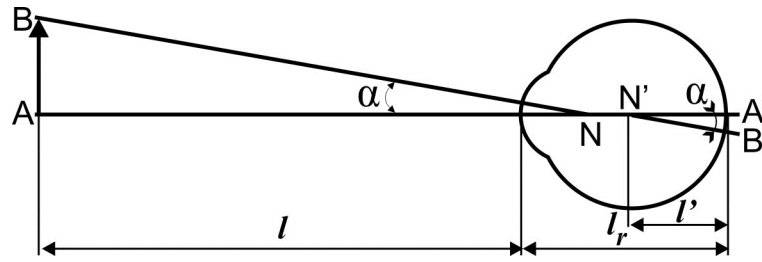


Рис. 7. Оптическая модель глаза Гульстранда

Уже на расстоянии 10° от центральной ямки острота зрения равна всего 0,2 и еще более снижается к периферии, поэтому правильнее говорить не об остроте зрения вообще, а об остроте центрального зрения. График (рис. 8), приведенный Брауном в сборнике Грэйма [11] широко известен. Он показывает угловую зависимость относительной остроты зрения и средней плотности фоторецепторов в сетчатке относительно фовеа. В работе показано, что собственно ямка соответствует углу приблизительно 1° , а желтое пятно – приблизительно $8-10^\circ$.

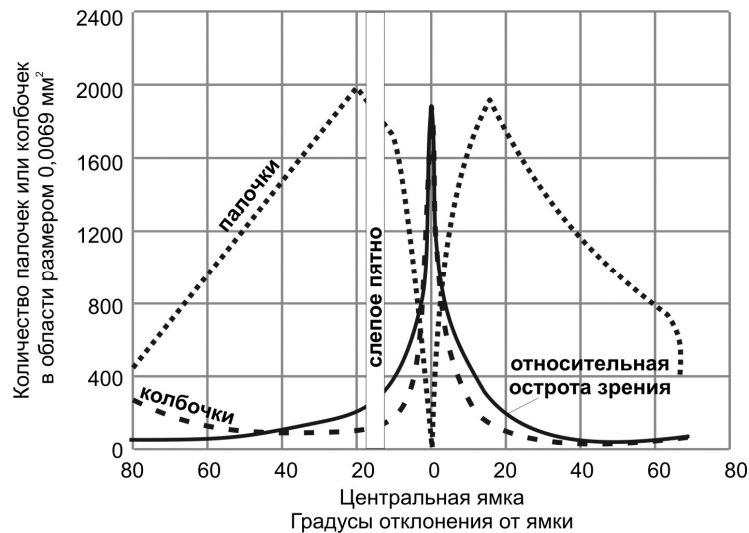


Рис. 8. Угловая зависимость остроты зрения от средней плотности фоторецепторов

Оценим характеристики зрения человека применительно к процессу чтения. Исходя из рис. 6, можно утверждать, что для того, чтобы дифракционный порог не влиял на восприятие (например, при чтении или просмотре изображений), необходимо обеспечить яркость источника не менее 100 кд/м^2 . Минимальную освещенность носителя (бумаги) при условном угле распределения освещения 120° можно оценить в $F = I \times 2\pi (1 - \cos(\alpha/2)) = 314,16 \text{ лм/м}^2$. При освещенности 500 лк, обеспечиваемой в специализированной просмотровой камере (например, [12]), диаметр зрачка составит порядка 2,5 мм, а порог различимости – около 70 мкм.

Исходя из построений на рис. 7, можно привести формулы расчета геометрического размера проекции ($A'B'$), исходя из известного размера объекта (AB) и расстояния до него l , а также угла видимости объекта. Угол α , под которым видится объект, определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg(AB/l) . \quad (1)$$

Проекция объекта на сетчатке ($A'B'$) определяется по формуле:

$$A'B' = \operatorname{tg} \alpha \cdot 1,667 \cdot 10^{-2}. \quad (2)$$

Геометрический размер объекта видимого на определенном расстоянии l , под определенным углом α , определяется по формуле:

$$AB = l \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

По формуле (2) можно оценить размер изображения на сетчатке, соответствующего углу зрения $1'$. Расстояние от второй узловой точки до сетчатки (l') примем равным 16,67 мм. Зная угол ($1' = 0,0167^\circ$) и расстояние ($1,667 \times 10^{-2}$ м), можно рассчитать проекцию: $A'B' = l' \cdot \operatorname{tg} \alpha$, при таком малом угле тангенс можно заменить на значение аргумента, поэтому проекция на сетчатке $A'B' \approx 0,0167 \cdot \pi / 180 \cdot 1,667 \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx 4,86 \cdot 10^{-6} \text{ м} \approx 4,9 \text{ мкм}$. Таким образом угол зрения $1'$ соответствует на сетчатке линейной величине 0,0049 мм, что примерно равно диаметру одной колбочки. При меньшем расстоянии изображение падает на одну или две соседние колбочки и точки воспринимаются слитно. Раздельное восприятие точек возможно только в том случае, если между двумя возбужденными колбочками находится одна интактная.

На различных расстояниях чтения можно провести расчеты для определения размеров объекта, наблюдаемого под углом $1'$. Зная угол ($1' = 0,0167^\circ$) и расстояние, можно рассчитать минимально различимый объект для ребенка (расстояние 25 см) и взрослого читателя (расстояние 40 см): $AB (25 \text{ см}) = l \cdot \operatorname{tg} \alpha \approx 7,287 \cdot 10^{-5} \text{ (м)} \approx 73 \text{ мкм}$, $AB (40 \text{ см}) = l \cdot \operatorname{tg} \alpha \approx 1,166 \times 10^{-4} \text{ (м)} \approx 117 \text{ мкм}$. По аналогии с контрастной чувствительностью, можно предположить, что при бинокулярном просмотре минимально различимое расстояние между двумя штрихами будет в 1,4 раза меньше, т. е. для расстояния 40 см это будет соответствовать 83,6 мкм.

Как было отмечено выше, Луизов показал, что порог разрешения глаза определяется дифракцией Рэлея на круглом зрачке [4]. Эмпирический критерий Рэлея определяет минимальный угловой размер объекта φ_{\min} при заданной длине волны падающего света λ и диаметре апертуры – зрачка d по формуле:

$$\varphi_{\min} = 1,22 \times \lambda/d. \quad (4)$$

Для нормального зрачка диаметром 3 мм и средней длины волны видимого диапазона 550 нм пороговое разрешение составит $0,77'$, по формуле (2) можно определить геометрический размер проекции: 3,4 мкм на сетчатке. Для зрачка диаметром 3 мм на расстоянии чтения 40 см по формуле (3) можно определить порог разрешения, который составит 105 мкм. Разрешение реального глаза, очевидно, будет иметь существенный индивидуальный разброс, но так или иначе при нормальных условиях чтения оно составляет величину порядка 100 мкм.

По диапазону видимых длин волн и возможным диаметрам зрачка человека, используя формулы (4) и (2), можно построить оценочную таблицу дифракционных порогов разрешения глаза в угловых и линейных единицах (табл. 1, 2) и построить график (рис. 9). Исходя из дифракционного порога разрешения на сетчатке и диаметра зрачка можно при помощи

формулы (3) оценить порог различимости объектов на нескольких расстояниях просмотра (табл. 3) и построить график (рис. 10).

Таблица 1

Дифракционный порог разрешения человеческого глаза (дифракция на зрачке), угловые градусы

Показатели		Длина волны, нм							
		400	450	500	550	600	650	700	750
Диаметр зрачка, мм	1	1,68	1,89	2,10	2,31	2,52	2,73	2,94	3,15
	2	0,84	0,94	1,05	1,15	1,26	1,36	1,47	1,57
	3	0,56	0,63	0,70	0,77	0,84	0,91	0,98	1,05
	4	0,42	0,47	0,52	0,58	0,63	0,68	0,73	0,79
	5	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,55	0,59	0,63
	6	0,28	0,31	0,35	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52
	7	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
	8	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,34	0,37	0,39

Таблица 2

Дифракционный порог разрешения человеческого глаза (дифракция на зрачке), мкм

Показатели		Длина волны, нм							
		400	450	500	550	600	650	700	750
Диаметр зрачка, мм	1	7,32	8,24	9,15	10,07	10,98	11,90	12,81	13,73
	2	3,66	4,12	4,58	5,03	5,49	5,95	6,41	6,86
	3	2,44	2,75	3,05	3,36	3,66	3,97	4,27	4,58
	4	1,83	2,06	2,29	2,52	2,75	2,97	3,20	3,43
	5	1,46	1,65	1,83	2,01	2,20	2,38	2,56	2,75
	6	1,22	1,37	1,53	1,68	1,83	1,98	2,14	2,29
	7	1,05	1,18	1,31	1,44	1,57	1,70	1,83	1,96
	8	0,92	1,03	1,14	1,26	1,37	1,49	1,60	1,72

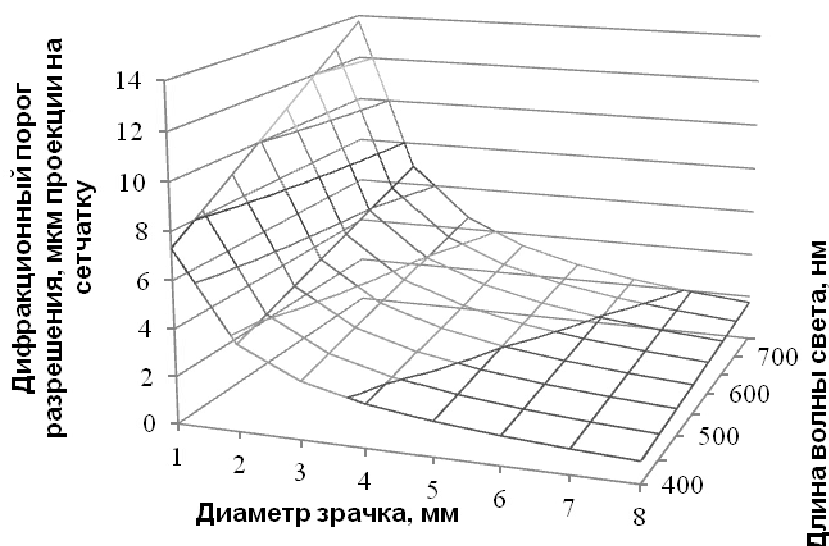


Рис. 9. Зависимость дифракционного порога разрешения глаза от длины волны и диаметра зрачка

Для зрачка диаметром 3 мм на расстоянии чтения 40 см порог разрешения составит 105 мкм. Разрешение реального глаза, очевидно, будет иметь существенный индивидуаль-

ный разброс, но так или иначе при нормальных условиях чтения оно составляет величину порядка 100 мкм.

Таблица 3

Минимально различимый объект на различных расстояниях просмотра, мкм

Показатели		Расстояние просмотра, м							
		0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Диаметр зрачка, мм	1	73,2	109,8	152,5	201,3	256,2	317,2	384,3	457,5
	2	36,6	54,9	76,2	100,6	128,1	158,6	192,1	228,7
	3	24,4	36,6	50,8	67,1	85,4	105,7	128,1	152,5
	4	18,3	27,4	38,1	50,3	64,0	79,3	96,1	114,4
	5	14,6	22,0	30,5	40,3	51,2	63,4	76,9	91,5
	6	12,2	18,3	25,4	33,5	42,7	52,9	64,0	76,2
	7	10,5	15,7	21,8	28,8	36,6	45,3	54,9	65,4
	8	9,1	13,7	19,1	25,2	32,0	39,6	48,0	57,2

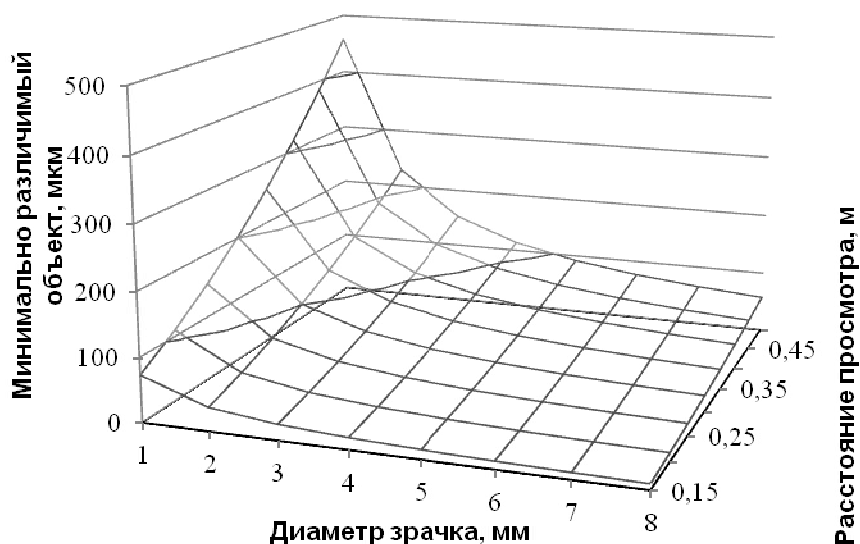


Рис. 10. Зависимость размера минимально различимого объекта от расстояния просмотра и диаметра зрачка

Максимальное разрешение зрения не следует путать с возможностями различения символов при чтении. В офтальмологии принято измерять остроту зрения при помощи различных таблиц. В частности, в широко известной таблице Сивцева единичной остроте зрения соответствует возможность чтения строчки с высотой букв 7 мм. В угловых величинах, согласно формуле (1), эта высота равна $0,008^\circ$, что на расстоянии чтения 40 см соответствует линейному размеру 0,56 мм. Многие эксперименты (см. напр. [17]) показали, что предельно малым кеглем для чтения является 4 пт. Для шрифта *Arial*, например, это соответствует росту строчной буквы 0,76 мм, для шрифта *Times New Roman* – 0,66 мм. На расстоянии чтения 25 см размер 0,6 мм соответствует угловому размеру $8,3'$, на расстоянии чтения 40 см объект 0,6 мм соответствует углу $5,2'$. Нормальным же кеглем для сплошного чтения считается кегль не менее 8 пт, что для шрифта *Arial* соответствует росту строчной буквы 1,53 мм, для *Times New Roman* – 1,33 мм. Размер 1,5 мм соответствует угловому размеру $17,9'$ на расстоянии чтения 25 см и $11,2'$ – на расстоянии 40 см. Исследования для определения параметров

текстов, направленные на практическое применение, можно ограничить снизу ростом строчных символов в 1,3 мм.

Исходя из того, что вертикальный угловой размер, соответствующий фовеальной области, составляет порядка 1° , можно по формуле (3) определить физический размер буквы на листе на расстоянии чтения, приходящийся на этот угол. На расстоянии 40 см это соответствует 6,9 мм, на расстоянии 25 см – 4,4 мм. Можно предположить, что если в процессе чтения амплитуда обратного перескока при переходе на следующую строку будет соответствовать этим размерам, это должно обеспечить наиболее простой переход и, таким образом, максимальную скорость чтения.

Исследования зрения как оптико-динамической системы при восприятии текстов

Большое количество публикаций зарубежных авторов было посвящено исследованиям окуло-моторной и связанной с ней когнитивной активности при чтении. Движения глаз – важнейшая операциональная составляющая чтения, тесно связанная с самыми разными когнитивными функциями, обеспечивающими этот процесс. Основа окуло-моторной активности читателя – произвольные саккадические движения глаз (саккады), т. е. быстрые, строго согласованные движения глаз, происходящие одновременно в одном направлении, а также промежуточные фиксации взгляда.

Исследования контрастных объектов и адаптации зрения стали существенным вкладом в когнитивную психологию и построение моделей восприятия символов. Иллюзия «Сетка Германа» (*Hermann Grid Illusion*) [13] и сейчас широко применяется при моделировании восприятия контрастных объектов. В 40-х годах XX века начинаются исследования остроты парафовеального и экстрафовеального зрения. В частности, Людвиг [14] ввел новую формулу остроты зрения с учетом экстрафовеальной области и ее угла эксцентричности относительно зоны фовеа.

В работах [15; 16] при помощи тахистоскопических исследований было определено, что области периферического зрения человека слева и справа ассиметричны: в правом поле зрения распознается значительно больше слов на английском языке. Однако на иврите больше слов распознается в левой периферической области. Распознавание слов растет с увеличением опыта чтения и в целом зависит от уровня образования. Результаты работ подтверждены и расширены в [17] и [18]. В частности, для читателей на иврите показана зависимость «ведущей» периферической области от того, правша или левша испытуемый: правши показывают лучшие результаты в правой области, левши – в левой.

В работе [19] изучалось движение глаз при чтении. Исследование показало, что опытные читатели демонстрируют в среднем меньшую общую окуло-моторную активность, чем неопытные читатели. Более зрелые читатели делают меньше фиксаций и регрессий. Движения глаз у них привычны и не могут быть точно проконтролированы, они не являются ни причиной, ни влияющим фактором хорошего или плохого чтения. Взаимодействие и взаимозависимость существует между окуло-моторной активностью и центральными нервными процессами, они косвенно влияют друг на друга.

Вслед за Людвигом [14] большой вклад в исследования фовеального и экстрафовеального зрения сделал Боума [20; 21; 22; 23]. Кроме того, в сборниках Спенсера [24] и Боффа [25] эти вопросы также поднимались. Был установлен важный факт, что глаз резко видит только очень узкую область вокруг центра зрения (зона фовеа). Объекты за пределами этой зоны (парафовеальное, экстрафовеальное, периферическое зрение) выглядят существенно менее резкими [14; 20; 25]. Соответственно, только слова в тексте, близкие к центру зрения, разборчивы. Количество букв в центре зрения обычно составляет порядка 10 [20; 24]. Это

имеет важные последствия для разборчивости текста. Важно, чтобы мозг мог прочесть во время одной фиксации столько символов, сколько возможно. Боума предположил, что количество слов, которые могут быть распознаны в течение одной фиксации является «бутылочным горлышком» процесса чтения. Чем их больше, тем выше скорость и комфорт чтения. Таким образом, было предположено, что разборчивость пропорциональна среднему количеству букв, которые могут быть распознаны за одну фиксацию.

В начале 70-х годов XX века Назаров [26; 27], исследуя особенности зрительного восприятия человека путем регистрации движения глаз, обнаружил, что традиционные методики исследования чтения не позволяют контролировать все возможные стадии обработки сенсорной системой информации, поступающей в процессе восприятия текста. Возможным вариантом компенсации этого может быть изменение стимульного материала, вызываемое сигналами, регистрируемыми от движений глаз.

Детально движение глаз при чтении проанализировано в работе [28]. Параметры движений глаз обычно делятся на два вида – пространственные и временные. Пространственные параметры: амплитуда (размер, длина) саккады – расстояние между усреднёнными центрами двух соседних зрительных фиксаций; измеряется в количестве знаков; положение фиксации (*landing position*) – буква слова, на которую приходится фиксация; стартовая дистанция (*launch distance*) – расстояние между положением предыдущей фиксации и началом (или центром) слова, на которое приходится текущая фиксация; измеряется в количестве знаков (может не совпадать с амплитудой саккады). Временные параметры: продолжительность саккады – время от ее начала до первой остановки движения; прямо зависит от амплитуды саккады и лежит в диапазоне $10 \div 100$ мс. Длительность фиксации – продолжительность первой фиксации внутри слова, независимо от наличия дополнительных его фиксаций; лежит в диапазоне от 50 мс до нескольких секунд со средним значением 200 мс для легкого текста. Длительность рефиксаций – суммарная длительность дополнительных фиксаций до ухода со слова; длительность рассматривания (*gaze duration*) – суммарная продолжительность всех фиксаций до оставления слова; время перечтения (*rereading time*) – суммарная длительность всех фиксаций, сделанных после первоначального оставления слова. К специфичным для чтения типам движений глаз относят следующие: повторная фиксация (рефиксация); прямая фиксация (*forward fixation, progressive fixation*) – фиксация, которой заканчивается саккада, совпадающая по направлению с обычным направлением чтения; обратная фиксация (*backward, regressive fixation*) – фиксация, которой заканчивается саккада, имеющая направление, противоположное обычному направлению чтения; проход (*pass*) – первое сканирование определенного фрагмента текста; если этот фрагмент сканируется повторно, то это будет считаться вторым, третьим, и т. д. проходом; регрессия (*regression*) – саккада вдоль строки и в направлении, не совпадающем с обычным направлением чтения, в том числе движение к началу очередной строки после окончания чтения предыдущей; глобальный возврат (*look-back*) – высокоамплитудная саккада на ранее прочитанный участок текста. Каждое из перечисленных свойств и типов движений глаз может выступать в роли зависимой переменной, по поведению которой в различных экспериментальных условиях судят об особенностях организации чтения в конкретной ситуации [29]. Длительность фиксаций возрастает, когда: на периферии предшествующей фиксации находятся неверные буквы; фовеально фиксируемые буквы заменяются решёткой; в течение некоторой части времени фиксации текст маскируется; слова написаны с ошибками; фиксируются низкочастотные слова и слова технического

содержания, если у читающего небольшой объём технического словаря; название числительного имеет больше слогов; фиксируются менее предсказуемые слова; участок текста содержит большее количество важных мыслей; понимание слова требует скорее косвенного, чем прямого умозаключения. Кроме того, длительность фиксаций зависит от длины и частотности прямо не фиксируемых слов. Саккадические движения уменьшаются по амплитуде, когда неверные буквы расположены на ближайшей периферии или когда периферические буквы заменяются решёткой, и увеличиваются по амплитуде, если они совершаются после фиксации длинного слова, и если они заканчиваются на более длинном слове, расположенном справа от фиксируемого слова, а также становятся более мелкими и с большим количеством возвратов на важных участках текста. Кроме того, вероятность пропуска (или перескока – *skip*) артикля «*the*» (для английского языка) более высокая, чем пропуска слова, состоящего из трёх букв; вероятность возврата к предыдущему предложению возрастает после фиксации местоимения. Зрительная форма и содержание читаемого текста – категории многомерные, описываемые большим количеством признаков. Каждый из них может влиять на тот или иной параметр или совокупность параметров окуло-моторной активности. Это создает трудную проблему для интерпретации экспериментальных данных и построения концептуальных моделей чтения. Для её преодоления необходимо отказаться от методологии прямого контроля над процессом переработки информации со стороны движений глаз [30] и признать, что они не в меньшей степени зависят от внетекстовых (в т. ч. типографских) факторов. В связи с этим представляют интерес попытки некоторых авторов разработать новые меры окуло-моторной активности, отражающие свойства высокоуровневой когнитивной динамики. Примером может служить показатель «времени полного прохода», определяемый как суммарная длительность всех фиксаций в пределах некоторой критической области текста (а не отдельного предложения) [31; 32]. Позже были предложены показатели, позволяющие обнаружить реакцию читающего на сдвиг темы внутри текста или на глобальные семантические рассогласования [33].

Методику изменения стимульного материала, вызываемого регистрируемыми сигналами от движений глаз, впервые применили МакКонки и Рейнер [29; 34] (*technique of eye-movement-contingent display changes*). Авторы ввели понятие «воспринимаемый промежуток» («*perceptual span*»), который означает размер визуального поля, влияющего на движение глаза и фиксации при чтении. Позднее стал применяться термин «визуальный промежуток» («*visual span*»), который имеет практически тот же смысл. Для изучения доступного для восприятия объема текста, расположенного около точки фиксации, применялась методика подвижного электронного окна, положение которого контролировалось движением глаз читающего [34; 35; 36], который видел только ту часть текста, которая попадала в границы окна. Здесь используется тот факт, что во время саккады и на небольших интервалах времени около неё резко снижается чувствительность зрительной системы (феномен саккадического подавления), поэтому никакая обработка приходящей информации практически не возможна. Как раз в это время можно быстро (в течение 5 мс) изменять изображение на экране, на котором предъявляется стимульный материал, причём наблюдатель этого изменения не заметит. Это позволяет экспериментатору контролировать визуальную и лингвистическую информацию. Эксперименты с «подвижным окном» показали, что объем восприятия, равный 18 знакам (не более 4 знаков слева и 14 знаков справа от точки фиксации), оказывается вполне достаточным, чтобы обеспечить нормальную скорость и понимание прочитанного. При закрытии центральных 7 букв скорость чтения существенно падала, при закрытии цен-

тральных 11 букв чтение становилось практически невозможным. Угловая ширина символов составила $0,33^\circ$, что на расстоянии чтения 40 см соответствует 2,3 мм. Предположения о том, что информация извлекается из более удаленных от точки фиксации областей, не подтвердились. Ранее считалось, что окуло-моторная активность синхронна с когнитивной динамикой, сопровождающей чтение, и что содержание скрытого когнитивного процесса, протекающего в данный момент времени, совпадает с содержанием того текстового фрагмента, который в этот момент фиксируется взглядом [37]. Однако выяснилось, что при сформированном навыке чтения процесс чтения существенно более сложен.

Уменьшение площади периферического окружения фовеального зрения, приводит к замедлению чтения [38]. Это означает, что в естественных условиях чтения во время одной фиксации воспринимается нечто большее, чем одно слово. Об этом же свидетельствует часто наблюдаемый факт перепрыгивания (*skip*) слова, соседнего с фиксируемым, особенно если это пропускаемое слово высокочастотное или легко предсказуемое на основе предшествующего текста [39]. Факт по крайней мере частичной обработки слов парафовеальным зрением подтверждается многими экспериментальными данными [38]. Показано, что парафовеальный предварительный просмотр (*parafoveal preview*) слова уменьшает время, которое тратится затем на фиксацию этого слова [40]. Эти и другие данные, относящиеся к влиянию контекста, говорят о том, что объём восприятия при чтении, или размер функционального поля зрения, не является постоянной величиной даже для одного и того же индивида.

Сейчас принято считать, что расположение фиксаций определяется пространственным расположением слов. Подавляющее большинство саккад, стартующих от определенного слова, либо «приземляются» на том же самом слове (рефиксации на слове n), либо переходят к следующему слову ($n + 1$), либо к слову, стоящему за ним ($n + 2$). Регрессивные саккады также в основном «приземляются» на словах ($n - 1$) или ($n - 2$) [41; 42]. Выбор целевого слова основан преимущественно на информации низкого уровня, такой как длина слова и стартовая позиция саккады, но существенную роль здесь играют также и когнитивные факторы, такие как частотность и предсказуемость слова [39; 43]. Кроме выбора целевого слова, необходимо точно рассчитать амплитуду саккады. Принято считать, что саккады (включая рефиксационные) нацелены в центр намеченного целевого слова, однако, в результате действия шумовых факторов в системе зрительно-моторных координат глаза саккады отклоняются от цели и «приземляются» на полпути между началом и центром целевого слова [44].

Нет сомнений в том, что в основе управляющих движением глаз решений лежит информация, приобретаемая во время текущей фиксации. Однако существенными могут быть и влияния ранее приобретенной информации на показатели времени наблюдения. Здесь особую роль играют очень сильные контекстуальные ограничения, например, в случае локальных словесных ассоциаций [45] или более глобального контекста [46]. Обычно для определения силы контекстного влияния измеряют предсказуемость следующего слова на основе всех предшествующих слов в предложении [38] или более длинного фрагмента текста [47].

Попытки объяснить детальный временной ход окуло-моторного управления во время чтения (например, [48]) нашли отклик в других работах из области нейрофизиологии. Так, в [42] установлено, что начала реакций вызванных потенциалов на низкочастотные и высокочастотные слова расходятся примерно на 130 мс. Эта величина дает оценку нижнего предела времени получения лексического доступа. С другой стороны, амплитуда (длина) саккады

может быть изменена не позже, чем за 70–90 мс до окончания текущей фиксации, кроме того, на амплитуду саккады влияет длина следующего за точкой фиксации слова [49]. МакКонки и др. [50] предположили, что нижняя граница влияния зрительного стимула лежит в пределах 80–100 мс до начала ближайшей саккады. С учетом этих ограничений, в [51] был сделан вывод о строгой ограниченности интервала, во время которого лексическая обработка способна оказывать влияние на то, когда должна начаться саккада. Отсюда следует, что лексическая обработка должна завершиться в первые 100–150 мс фиксации, чтобы «разумно» (*intelligently*) запустить следующее движение глаза. Вопрос о том, что же является решающим фактором в управлении движениями глаз в процессе чтения, решался не однозначно. Одна из позиций этих дебатов заключалась в том, что главную роль здесь играет лексическая обработка. При этом, от лексического доступа зависит как положение фиксаций и их длительность, так и вероятность того, что слово будет пропущено (перепрыгнуто). В модели Моррисона [52] лексический доступ к слову вызывает сдвиг зрительного внимания к следующему слову и, спустя определенный латентный период, – саккаду. Если следующее слово легко обработать, то может произойти второй сдвиг внимания (когда глаза еще остаются на первом слове). Таким образом, процесс отмены (*cancellation*) и перепрограммирования ближайшей саккады может привести к её перепрыгиванию через ближайшее слово. Эта модель объясняла некоторые основные феномены, в частности, существование парафовеальной обработки. Но в ней отсутствовал механизм для рефиксаций, и она не могла объяснить тот факт, что парафовеальная обработка модулируется трудностью текущей фовеальной обработки. Согласно другой точке зрения, за движения глаз по строкам текста ответственны главным образом зрительная обработка низкого уровня и окуло-моторные факторы [50; 53], [54]. Однако модели, основанные на принципе окуло-моторного управления низкого уровня, явно не в состоянии справиться со сложностями временного контроля [55]. Сейчас этот спор – не более чем вопрос акцента [28]. Уже в [55] приводились аргументы в пользу некоторой «гибридной модели», первым воплощением которой стала модель *E-Z Reader* [56], в которой предполагается, что в каждый момент времени внимание фиксируется на одном слове, а программирование саккады запускается механизмом лексической обработки. Весьма продуктивными являются некоторые разработки, в которых выделяются окуло-моторные паттерны, детерминированные чисто зрительно-моторной обработкой и вырабатывающие «несущий сигнал» (*carrier signal*), который может модулироваться когнитивными влияниями [47; 49]. Среди других моделей, основанных на сдвигах внимания, следует упомянуть [44; 57; 58; 59; 60]. Детальная теория временных параметров саккады, которая также объединяет зрительно-моторные и когнитивные влияния, была разработана Янгом и МакКонки [61; 62]. Нельзя не отметить также работы Рейнера [63; 64], в которых была подтверждена вероятность возвратного перескока взгляда на начало строки [65], а также подсчитана средняя скорость нормального чтения для английского языка – 4,8 слова в секунду, подтвержденная в исследованиях [66; 67; 68].

Перечисленные выше работы и модели хорошо освещены и подробно проанализированы в [69] и [70], где авторы отмечают явный дефицит исследований восприятия и окуло-моторного поведения при чтении рукописных текстов, а также исследований чтения текстов не на английском языке. Также они заявляют что, многие закономерности чтения и движений глаз необходимо перепроверять для других языков и для рукописного текста.

В исследованиях движений глаз при чтении есть ещё одна интересная тема, имеющая к тому же важное практическое значение. Речь идет о стилях чтения и их тесной связи с высшими познавательными процессами. Так, при изучении сравнительно большой выборки студентов, имеющих разные показатели объема рабочей памяти и эрудиции, были выявлены разные стили чтения, коррелирующие с этими показателями [71; 72]. К первому типу принадлежали «прямолинейные» чтецы, у которых во время чтения текстов в несколько страниц практически отсутствовали глобальные возвраты; большинство из них плохо понимали прочитанное и имели низкие показатели, упомянутые выше. Ко второму типу относились «аналитические» чтецы, для которых были характерны частые глобальные возвраты к ранее прочитанным фрагментам, содержащим существенную и новую для них информацию, ключевым словам отдельных предложений; эти студенты хорошо понимали прочитанное и имели высокие упомянутые показатели. Однако в эту же группу входили и некоторые студенты с низкими показателями для рабочей памяти, но высокими – для эрудиции. По мнению авторов, последнее помогает компенсировать недостаток в мнемических ресурсах и тем самым обеспечить хорошее понимание. С другой стороны, во второй группе были и такие студенты, которые также часто возвращались к ранее прочитанному, но плохо понимали текст в целом, так как их глобальные возвраты и регрессии были скорее случайными, не связанными с существенной информацией.

Позднее, в работах [73] и [74] также исследуются вопросы парафовеального восприятия текста. Доказано, что для опытного читателя текст за пределами области фокусировки (особенно, последующие слова в строке после читаемого) имеет исключительную важность, влияющую на процесс чтения и скорость восприятия текста.

Все приведенные исследования никак не затрагивали пространственную организацию текстовой информации. Более того, физические размеры символов текстов, принимавших участие в исследованиях, нигде отдельно не описаны, что не дает возможности выделить какие-либо пространственные факторы или дать какие-либо рекомендации по улучшению восприятия текстовой информации. Одним из важнейших элементов моделей является когнитивная составляющая, знакомство респондента с языком и лексикой, возможность предсказывать появление символов и слов.

Впрочем, некоторые работы, связанные с изучением зрения при чтении, не обходят стороной пространственные характеристики текстов. Согласно [75], когда читатель закончил читать одну строку, его глаза перескакивают (*sweep*) в начало следующей строки, что называется обратный перескок (*return sweep*). Интерлиньяж (а точнее, видимое межстрочное расстояние) – один из факторов, который имеет большое влияние на наличие легкого обратного перескока. Если пространство между строками оптимально, обратный перескок происходит проще и быстрее [76].

Основная мера пространственного разрешения глаза называется остротой зрения (*acuity*). Она определяется, как обратное значение минимального угла, под которым распознается стимул, измеренного в угловых минутах. Эксцентричность изображения по отношению к фовеа измеряется углом эксцентричности. Для углов эксцентричности менее 10° обратная острота хорошо линейно аппроксимируется углом. Для больших углов острота уменьшается более экспоненциально [77]. Людвигом [14] была предложена формула остроты зрения основанная на угле эксцентричности зрения. Размер шрифта обычно указывается

для его полной высоты в пунктах ($1 \text{ пт} = 0,376 \text{ мм}$). Для зрения остротой 1 символ кегля примерно 4 пт будет разборчив с нормальной дистанции (40 см). Также было найдено среднее количество символов, которые можно разместить в строке длиной один метр: примерно $4500 \text{ символов} \times \text{пункт} / \text{метр}$. Можно построить зависимость распознаваемых символов от размера шрифта. Установлено, что разборчивость резко растет до кегля 10 пт, после чего становится практически постоянной (линейной) (рис. 11) [14].

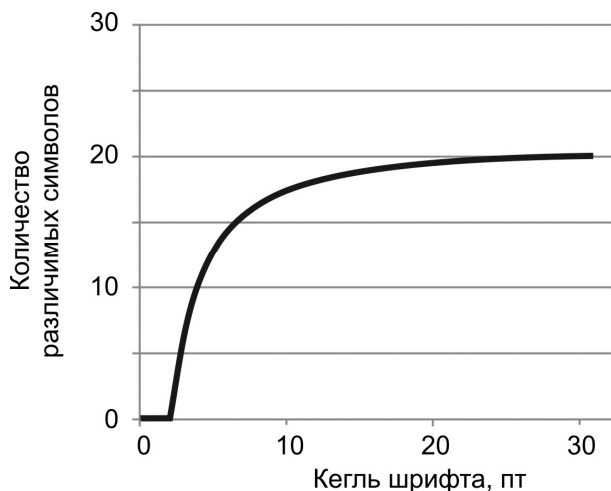


Рис. 11. Зависимость количества различных символов от кегля

На более мелких шрифтах (например, 4 пт) глазу необходимо делать большее количество «шагов», что ведет к замедлению и уменьшению комфортности чтения. В [78] было проведено измерение скорости чтения как функции от размера шрифта, где была построена кривая, очень близкая данной и подтверждена зависимость скорости чтения от количества разборчивых (различимых) символов в одной фиксации.

Чтобы использовать эти сведения для тестов разборчивости, необходимо учесть уменьшение остроты зрения на периферии. Пространственное разрешение зрения на периферии низкое по ряду причин. Во-первых, изображение размывается из-за дефектов линзы (хрусталика), что грубо можно представить, как размытие по Гауссу. Во вторых, сигнал с большого количества фоторецепторов комбинируется прежде чем быть посланным в мозг; на периферии это количество больше, чем в фовеа [79]. В-третьих, в мозгу, по-видимому, происходит еще большее уменьшение (сжатие) данных [25]. В любом случае, это сложный процесс и нет ни одной модели, точно описывающей искажения, которым подвергается изображение на периферии. Ван Россум [80] предложил новую методику измерения разборчивости (*legibility*) шрифтов на основе анализа изображений шрифта, размытых по Гауссу. Авторы просто представили искажения восприятия в фовеальной и экстрафовеальной областях, как гауссово размытие. Эксперименты показали, что разборчивость основных шрифтов не зависит от размера (кегля). Более точно автор сформулировал следующий тезис: разборчивость шрифта пропорциональна соотношению средней максимальной ширины размытия гауссиана и длины текста. Но это имеет отношение только к сравнению различных шрифтов. Прочие типографические параметры в эксперименте во внимание не принимались. Результаты исследования подтвердили, что на разборчивость влияет больше х-высота (рост строчных букв). Некоторые буквенные сочетания более разборчивы. Использование засечек в шрифтах позволяет более точно определить конец строки. Однако критика засечек также справедлива,

особенно в тех случаях, когда засечки двух символов расположены близко, и символы сложно визуально разделить. В любом случае, различие в разборчивости серифных и рубленых шрифтов незначительное. Этот вопрос требует дальнейшего изучения. Также как и нахождение оптимальной формы засечек. Использование полужирных и жирных начертаний снижает разборчивость (на 4 %) в связи с тем, что в строке помещается меньше символов. На разборчивость шрифта влияет похожесть одних символов на другие, буквенные пары и вообще окружение каждого конкретного символа (это характерно как для английского, так и для русского языка). Этот вопрос лежит в области шрифтового дизайна.

Как уже отмечалось выше, временные параметры чтения в основном определяются саккадическими движениями глаз и фиксациями. Амплитуда саккад варьируется в широких пределах от 40' до 600' и даже более (до 20°), но обычно не превышает 200' [81]. На расстоянии чтения 40 см это примерно соответствует длине подстроки 23,3 мм. Продолжительность, скорость и ускорение движения глаза при саккаде находятся в степенной зависимости от ее амплитуды. Максимальная скорость саккады максимальной амплитуды (20°, на 40 см это соответствует строке 141,1 мм) – 450 °/с, ее продолжительность – 70 мс. Время смещения точки фиксации при чтении с одного на следующее слово составляет около 30 мс [82]. Определено, что минимально необходимое время фиксации, достаточное для узнавания слова, составляет около 50 мс [83]. Остальное время тратится на анализ полученной информации и на принятие решения о точке следующей фиксации. В процессе изучения движений глаз при чтении установлено, что около 20–30 % слов не фиксируются. Обычно это служебные и короткие (2–4 буквы) слова. В работах [84; 85; 86] выявлено, что полноценные слова зафиксированы в 85 % случаев, а короткие и служебные слова – в 35 %. Длинные или незнакомые слова обычно требуют множественных фиксаций [63]. Пробелы между словами не фиксируются, но при их отсутствии возникают трудности чтения. Около 10–15 % времени, затраченного на чтение, занимают регрессивные саккады, обычно связанные с ошибками чтения и/или понимания [4]. В [67] приведены сводные и средние данные по фиксациям. Для взрослого читателя характерны следующие средние показатели: длительность фиксации 233 мс, количество фиксаций на 100 слов – 94, частота регрессий 14 %. В работе [87] исследовалось чтение детей 11–15 лет со сформированным навыком чтения на немецком языке. Показано, что чтение 30 слов (по три слова длиной 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14 букв, шрифт *Times New Roman*, размер заглавной буквы 0,64°) требует в среднем 54 саккад и является линейной функцией длины слова. Значимая разница в значениях времени чтения показана для слов длиной 5 и более букв. Средняя скорость возникновения саккад в зависимости от длины слова варьировалась от 0,84 до 1,94 саккады в секунду (различие в 2,3 раза). Средние длины слов варьировались от 20 до 100 угловых минут, и средняя амплитуда саккады линейно зависела от длины слова (*рис. 12*).

Положение места первой фиксации от начала слова (в крайне левом слове в строке) и последней фиксации от конца слова (в крайне правом слове в строке) линейно зависело от длины слова. Среднее количество обратных саккад было 15 на 30 предъявленных слов и не зависело от длины слов. Амплитуда обратных саккад варьировалась от 10 до 92 угловых минут. Средняя длительность фиксаций составила 250 мс (от 74 до 581 мс). Она слабо зависела от длины слова и имела большой индивидуальный разброс. Установлено, что более длинная саккада ведет к более длительному времени последующей фиксации.

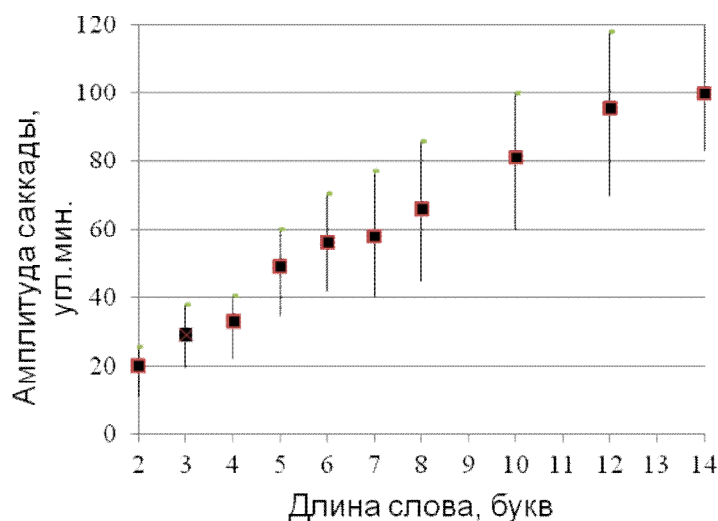


Рис. 12. Зависимость амплитуды саккады от длины слова

При исследованиях чтения для оценки геометрических размеров объектов на странице часто используются типографские величины, пункты. Один пункт соответствует 1/72 дюйма. В зависимости от системы счисления (французская, английская, она же «компьютерная») значение пункта несколько отличается. Строго говоря, соотнести кегль шрифта в типографских пунктах и видимый геометрический размер букв достаточно сложно, т. к. кегль описывает величину знакоместа, которое несколько больше, чем размер заглавной буквы. В то же время, для читателя наиболее критичной величиной является видимая высота (рост) строчных букв и видимое расстояние между строками текста. Автор рекомендует при проведении экспериментов по чтению применять исключительно метрические и/или угловые единицы, точно описывающие видимые геометрические размеры элементов текста.

Можно оценить средние границы визуального промежутка (*visual span*) при чтении текста, воспринимаемой глазом при каждой фиксации. Если использовать наименьшие оценки углового размера макулы 5° , то по формуле (3) размер области текста на расстоянии чтения 40 см, соответствующего угловому размеру макулы, составит приблизительно 35 мм, для расстояния чтения 25 см этот показатель будет 22 мм. Таким образом, можно предположить, что при чтении длина подстроки текста, попадающая в зону различимости при фиксации, составляет приблизительно 35 мм. Это может быть определенным «квантом» восприятия текстовой информации при чтении.

Количество символов, попадающих в указанный интервал, будет определяться выбранным шрифтом. Например, для шрифта *Times New Roman* кеглем 12 пт в прямом светлом начертании (средняя ширина символа с учетом межсимвольных пробелов 2,21 мм) среднее количество символов на фиксацию составит 16, для *Times New Roman* кеглем 14 пт (средняя ширина символа с учетом межсимвольных пробелов 2,56 мм) среднее количество символов на фиксацию составит 13,8. Нужно отметить, что этот расчетный показатель согласуется с результатами работ [34; 36], где было показано, что для хорошей скорости чтения необходимо иметь видимыми 17–19 символов из строки текста (3–4 слева от центра фиксации и 14–15 – справа). Поскольку средняя длина слова в русском языке составляет приблизительно 5,3 буквы, за одну фиксацию в среднем человек воспринимает 3 слова на русском языке.

При нормальном чтении парафовеальная область имеет ширину около 20° и играет точно такую же роль, что и фовеальная: скорость чтения в пределах этой области такая же, как в зоне фовеа. Это обусловлено эффектами предсказания и угадывания букв, не входящих в основную зону резкости. На расстоянии чтения 40 см угол 20° соответствует длине строки 141,1 мм. Очевидно, это максимальная длина строки, обеспечивающая оптимальную скорость чтения. Дальнейшее увеличение длины строки приведет к снижению скорости чтения.

Исследования разборчивости печатных текстов

Первые исследования читабельности (*readability*, термин разборчивость, *legibility* в то время еще не применялся) касались различных оценок пространственной организации текстов и попыток выявить закономерности их влияния на чтение и понимание текстовой информации. Впервые скорость чтения как критерий удобочитаемости была предложена Вебером в 1881 году [88], однако сначала это не нашло понимания в научных кругах. В его работе была определена «оптимальная» длина строки в 4 дюйма (101,6 мм), максимальная же читабельная длина строки определялась в 6 дюймов (152,4 мм). В этом же году в работе [89] была определена максимальная длина строки в книге – не более 3,6 дюйма (91,4 мм). Похожие результаты были получены в [90]: оптимальная длина строки 3,6 дюйма (91,4 мм), максимальная 4 дюйма (101,6 мм). Следующим шагом в исследованиях удобочитаемости стали работы Кеттелла [91]. Он оценивал удобочитаемость при помощи тахистоскопических измерений порога распознаваемости. Благодаря этому методу Кеттелл обнаружил, что взгляд при чтении не движется монотонно по строке, а перескакивает с короткими промежутками, охватывая сразу восемь или девять знаков. Это был большой прорыв. Сейчас известно, что движение взгляда по тексту происходит еще большими скачками, так как свободное владение языком, осознание смысла и синтаксической структуры текста позволяет не всматриваться в отдельные буквы. Если информации недостаточно, происходит возврат взгляда (регрессия). Основываясь на данных исследования, Кеттелл расположил строчные буквы алфавита по степени их распознаваемости в определенной последовательности. Мессмер в начале XX века предположил, что некоторые буквы привлекают больше внимания, чем остальные, благодаря сочетанию высоты, ширины и формы знака [92]. В книге Карова [93] приводятся некоторые результаты исследований начала XX века: Сэнфорд (цит. по [93]) повторил эксперимент Кэттелла по распознаванию строчных букв алфавита на другом шрифте и получил другую последовательность, что показало различную распознаваемость шрифтов; Гриффинг и Франц (цит. по [93]) выяснили, что шрифты более крупного кегля распознаются легче, и разборчивость улучшается при увеличении интерлиньяжа до 4 пт; в 1905 году в работе Джавел (цит. по [93]) подтверждено значение ширины для узнаваемости буквы, Гамильтон в 1906 году (цит. по [93]) обнаружил зависимость между распознаванием и частотой встречаемости буквы в тексте, в 1912 году в работе Ретланд (цит. по [93]) показано, что различимость (разборчивость) знака предопределяется шестью факторами: форма, высота, насыщенность, окружающее пространство, местоположение в слове, величина слова, однако рассматривались только редкие сочетания знаков, и не рассматривалась удобочитаемость в смысловом контексте.

В 1926 году в докладе Р. Л. Пайка [94] были подытожены результаты проведенных к тому моменту исследований удобочитаемости. Доклад констатировал разрозненность экспериментов и отсутствие систематического подхода к изучению распознаваемости и удобочитаемости текстов. Пайк выделял 15 критериев удобочитаемости, среди которых: скорость чтения, количество фиксаций, количество регрессий, регулярность движения глаз, ритм чтения, рост строчных букв, эстетические суждения читателя и пр. Основываясь на проведен-

ном анализе, Пайк пришел к выводу, что удобочитаемость следует изучать отдельно от разборчивости букв и слов. В экспериментах расстояние между глазами и текстовым материалом должно быть от 6 дюймов (15,24 см) до 16 дюймов (40,64 см). Чтение вслух не может быть использовано для оценки скорости чтения, так как в этом случае скорость чтения ограничивается скоростью произношения. Скорость чтения как критерий удобочитаемости, введенная Вебером [88], стала использоваться после доклада Пайка, однако параметры, при которых необходимо проводить исследования скорости чтения, определены не были.

Патерсон и Тинкер провели серию исследований с 1928 года до середины XX века [95; 96; 97; 98; 99]. Изначально использовался черный текст размером 10 пунктов на белой бумаге. Эмоциональная окраска текста была минимальной. Обнаружено, что параграфы со строками длиной 7,3 дюйма (185,4 мм) читались медленнее остальных параграфов. Оптимальная длина строки 3–3,5 дюйма (76,2–88,9 мм). Получен и ряд других результатов:

1. Для кегля 10 пт оптимальная длина строки составляет порядка 80 мм. Дополнительные 2 пт интерлиньяжа улучшают удобочитаемость на 7,5 %, а дополнительные 4 пт интерлиньяжа – только на 5 %.
2. Текст, набранный только прописными буквами, читается на 11,8 % медленнее, чем набранный прописными и строчными буквами.
3. Курсивные начертания не замедляют скорости чтения, если они используются непродолжительно.
4. Жирные начертания не менее удобочитаемы, чем светлые, а рубленые шрифты не уступают в удобочитаемости шрифтам с засечками.
5. Шрифты от 8 до 13 кегля одинаково удобочитаемы при оптимальной для данного кегля длине строки. Было показано, что величина кегля взаимодействует с длиной строки. Субъективное мнение исследователей: читатели предпочитают кегль 11 пт.

Показана взаимозависимость длины строки, интерлиньяжа и удобочитаемости на примере различных сочетаний текстов, набранных кеглем 9 пт, результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4

Взаимосвязь длины строки, интерлиньяжа и удобочитаемости по Паттерсону и Тинкеру

Длина строки	Интерлиньяж			
	0 пт	1 пт (= 0,376 мм)	2 пт (= 0,752 мм)	4 пт (= 1,504 мм)
1 пик = 4,217 мм				
8 пик = 33,74 мм	–9,520 %	–4,750 %	–5,760 %	–6,780 %
14 пик = 59,04 мм	–4,392 %	+0,680 %	+0,460 %	+1,300 %
18 пик = 75,91 мм	–2,720 %	+0,230 %	0,000 % (база)	+3,240 %
30 пик = 126,5 мм	–5,170 %	–0,450 %	+2,430 %	+0,400 %
40 пик = 168,7 мм	–5,830 %	–3,970 %	–5,810 %	–2,570 %

В СССР профессор В. А. Артемов [100] предложил различать понятия видимости шрифта и его удобочитаемости, т. к. на удобочитаемость значительно влияют психофизиологические особенности чтения определенного читателя, в то время как видимость шрифта зависит только от качества рисунка шрифта и особенностей зрения человека. Основные результаты его работ связаны с начертанием шрифтов. Для каждой возрастной группы найден свой оптимальный размер шрифта: квалифицированный взрослый – от 8 до 10 пт, дети 10–11

лет – от 10 до 12 лет, дети 7–9 лет – от 12 до 16 лет, дети до 7 лет – 16–20 лет. «Видимость» шрифта по Артемову – это фактически «разборчивость», как мы ее понимаем сейчас.

Различия в разборчивости (у автора – в удобочитаемости) гарнитур исследовались в СССР Ушаковой в 1952–1959 годах [101; 102; 103]. Она сравнила разборчивость газетных гарнитур и выделила как наиболее различимую Новую газетную гарнитуру в прямом светлом начертании. Было показано незначительное (но значимое) превосходство некоторых книжных гарнитур, связанное с их рисунком и начертанием. Плотный шрифт (Пискаревская гарнитура) читался быстрее из-за уменьшения количества переходов взгляда со строки на строку. При этом субъективные оценки респондентов были часто противоположными, предпочтения отдавались другим гарнитурам (в частности, Новой газетной). Аналогичные результаты были получены в [104] при разработке новых шрифтов. Работы показали наличие субъективных предпочтений читателей, а также объективной разности в разборчивости гарнитур различных начертаний.

Работы Э. Тейлора [105; 106] суммировали различные методики оценки удобочитаемости. В методе изучения процесса чтения для подсчета количества ошибок испытуемый должен читать текст вслух, при этом экспериментально установлено, что скорость такого чтения будет примерно в три раза ниже, чем скорость чтения про себя. Поэтому в этом методе в качестве критерия удобочитаемости следует выбрать не время чтения текста, а количество ошибок, зафиксированных в процессе чтения. Однако в тоже время чтение вслух не характерно и не привычно для большинства квалифицированных читателей. Ошибки при чтении могут возникать из-за вынужденного произношения текста. В результате экспериментов было установлено, что для скорости чтения характерен большой индивидуальный разброс даже среди испытуемых с одинаковой читательской квалификацией.

В фундаментальной работе «*Legibility of print*» Майлза Тинкера [107] изучается разборчивость (*legibility*) как букв и цифр, так и печати в целом. Результаты работы достаточно обширны.

Разборчивость букв

1. Заглавные буквы более видны на расстоянии, чем строчные буквы.
2. Строчные буквы более видны при чтении слов.
3. Разборчивость определенных букв может быть улучшена за счет использования засечек, насыщенности штрихов, разграничения отличительных характеристик, упрощения контура, пустого пространства в очке литеры, ширины буквы. Хотя эти характеристики вряд ли существенны или взрослых читателей, они особенно важны для неопытных читателей.
4. Буквы *Old Style* гарнитур легче воспринимаются, но читаются не быстрее прочих гарнитур.

Виды шрифта

5. Пользователи в основном предпочитают темные гарнитур, например *Antiqua*, *Cheltenham*.
6. Курсивный набор читается существенно медленнее, чем обычный прямой строчный набор.

7. Набор из всех заглавных букв сильно замедляет скорость чтения по сравнению с обычным строчным набором.
8. Жирная гарнитура читается на той же скорости, что и светлая.
9. Использование смешанных гарнитур в тексте сильно замедляет скорость чтения и существенно менее предпочитается пользователями, нежели обычный строчный набор.

Интерлиньяж, размер шрифта и длина строки

10. Интерлиньяж оказывает существенное влияние на распознаваемость шрифта, особенно для гарнитур размером менее 12 пунктов.
11. Меньший по размеру шрифт, набранный с интерлиньяжем, не так читаем, как шрифт большего размера, набранный без интерлиньяжа. Шрифт размером 10 пунктов без интерлиньяжа предпочитался читателями шрифту 8 пунктов с 2-пунктовым интерлиньяжем. Некоторые результаты, полученные Тинкером, приведены в таблице 5.

Пространственная организация печатной страницы

12. Поля не увеличивают распознаваемость на плоской странице.
13. Отступ в первой строке абзаца увеличивает различимость (*legibility*) более чем на 7 %.

Таблица 5

Зоны безопасности» для шести наиболее используемых размеров шрифтов по Тинкеру
(1 пика = 4,217 мм)

Кегль, пт	Длина строки, пик	Длина строки, мм	Интерлиньяж, пт	Интерлиньяж к кеглю	Коэффициент интерлиньяжа
6	14	59,04	2–4	8–10	1,33–1,66
	21	88,56	1–4	7–10	1,17–1,66
	28	118,08	2–4	8–10	1,33–1,66
8	14	59,04	2–4	10–12	1,25–1,5
	21	88,56	2–4	10–12	1,25–1,5
	28	118,08	1–4	9–12	1,125–1,5
	36	151,81	2–4	10–12	1,25–1,5
9	14	59,04	1–4	10–13	1,11–1,44
	18	74,91	1–4	10–13	1,11–1,44
	30	126,51	1–4	10–13	1,11–1,44
10	14	59,04	1–4	11–14	1,1–1,4
	19	81,12	2–4	12–14	1,2–1,4
	31	130,73	2	12	1,2
11	16	67,47	1–2	12–13	1,09–1,18
	25	105,43	не важно	–	–
	34	143,38	1–2	12–13	1,09–1,18
12	17	71,69	1–4	13–16	1,08–1,33
	25	105,43	не важно	–	–
	33	139,16	1–4	13–16	1,08–1,33

Цвет печати и фона

14. Черная печать на белом фоне более распознаваема, чем белая печать на черном фоне из-за меньшего количества пауз при фиксациях. Три четверти читателей предпочитают черный шрифт на белой подложке.

15. Разборчивость черной печати на тонированных бумагах различна относительно отражения тонированной бумаги. Если отражение более 70 %, различимых потерь в распознаваемости нет для шрифтов размером более 10 пт.
16. Чем выше контраст между печатью и подложкой, тем выше распознаваемость.
17. В хороших условиях для чтения можно читать, по крайней мере, шесть часов в подряд без существенных признаков усталости или потери эффективности.

В 1965 году Тинкер выпустил монографию «Основы эффективного чтения» [108], где собрал результаты всех своих предыдущих исследований чтения. Кроме приведенных выше результатов, в книге содержатся данные после проведения серии экспериментов с тестами на скорость чтения взрослыми читателями. Показано, что хотя межстрочный интервал, больший, чем размер шрифта, обычно имеет значительное преимущество с некоторыми размерами шрифтов и длинами строк, это не всегда так, и слишком большой интервал может иметь пагубные последствия. Автор пришел к выводу, что оптимальный межстрочный интервал зависит от длины строки, типа и размера шрифта. Чем больше длина строки, тем более важно увеличение дополнительного пространства между строками (хотя и для очень коротких строк также было показано улучшение при дополнительном пространстве между строками). Он подтвердил, что для оптимального размера шрифта (9, 10, 11, и 12 пт) можно добавить дополнительный межстрочный интервал от 1 до 4 пт для увеличения разборчивости (*legibility*).

В 1973 году в Московском полиграфическом институте А. Колосовым и М. Гешевым было проведено исследование влияния технологических факторов набора, в частности, величины кегля шрифта, формата строки, интерлиньяжа и межсловных пробелов на удобочитаемость текстов [109]. В том же году Гешев защитил диссертацию «Разработка методики определения удобочитаемости текстов и исследование влияния отдельных факторов на технологию набора и параметры шрифта» [110]. Авторы изучали влияние кегля, формата строки, интерлиньяжа, межсловных пробелов на удобочитаемость текстов. Кегль менялся от 6 до 12 пт, формат строки – от 2 до 7 квадратов (1 кв. = 18,04 мм, поэтому формат строки менялся от 36,08 до 126,29 мм), межсловный пробел – от 2 до 7 пт (1 пт = 0,376 мм, межсловный пробел менялся от 0,752 мм до 2,632 мм), интерлиньяж увеличивался на 6 пт. Использовались «стандартные» (общеупотребимые) 4 типа шрифта. Обнаружено, что оптимальное значение величины межсловного пробела постоянно и не зависит от других факторов: для кегля от 6 до 12 пт оно составляет 7 пт. Изменение скорости чтения при увеличении межсловного пробела исследовано не было. Оптимальное значение величины интерлиньяжа также постоянно (9–10 пт) и не зависит от других факторов. Оптимальное значение кегля шрифта и формата строки тем меньше, чем больше удобочитаемость шрифта. Для мелких удобочитаемых шрифтов (например, кеглем 8 пт) нужно увеличить интерлиньяж на 2 пт. Данный эксперимент проводился только на базе измерения скорости чтения путем слежения за взглядом испытуемых, фактор понимания или запоминания не учитывался.

Примерно в это же время ряд западных исследований был посвящен сравнению одно- и многоколоночного набора полос. Исследования активно продолжаются до сего дня и захватили такой пласт, как исследования чтения с компьютерных экранов, однако до сих пор среди ученых нет единого мнения относительно оптимальных характеристик набора. Изначально исследования продолжили работы Тинкера [98; 99; 107] и Поултона [111]. Поултон

выяснил, что одиночные колонки с длинной строкой читались быстрее, чем двойные колонки с более короткой строкой. Боума [23] показал, что макет из одного столбца с длинными строками затрудняет для читателя точное определение местонахождения начала новых строк после долгого бокового движения глаз, особенно при малом межстрочном расстоянии, что свидетельствует о возможном взаимодействии параметров колонки и длины строки с межстрочным интервалом. Однако некоторые исследования не показали никакой разницы между представлением двойных колонок со средней длиной строки и представлением в виде одной колонки с большой длиной строки [112; 113]. Фостер [114] обнаружил, преимущество многоколоночного макета со средней или короткой строкой для текста в печатном виде. Позднее это подтвердили и для текстов в электронном виде [115; 116]. Тинкер не нашел никакого значимого результата по формату колонок и длине строки, как позднее Нейл и Дарнел [117] подтвердили для компьютерных дисплеев. Янгман и Шарфф [118] использовали в экспериментах текст с кеглем 12 пунктов. Строка 8 дюймов (203,2 мм) была оптимальна по скорости чтения в сравнении с 4 и 6 дюймами (101,6 мм и 152,4 мм), но пользователи предпочитали длину 4 дюйма. Свидетельства недостатков многоколоночного макета со средней или короткой строкой для печатных текстов в английском языке в бумажном и электронном виде показаны в [119; 120; 121] и [122]. В частности, Дачники и Колерс [119; 120], исследуя чтение с монитора, обнаружили, что полная строка монитора длиной 7,4 дюйма (188 мм – оптимальная длина строки) читалась быстрее на 28 %, чем строка длиной 1/3 длины монитора (2,4 дюйма или 61 мм). Дайсон и Киппинг [123] показали, что строка 5,5 дюймов (139,7 мм) читается быстрее, чем строка 1,8 дюйма (45,7 мм). В [122] при использовании текста кеглем 12 пт было обнаружено, что скорость чтения увеличивается вместе с увеличением количества символов в строке. Медленней всего читался текст длиной 4 дюйма (101,6 мм), быстрее всего – 7,3 дюйма (185,4 мм). Пользователи предпочли строку 4 дюйма.

Сэнфорд [124] провел повторные исследования по мотивам Кеттела [91], но используя другой шрифт, он получил другой порядок букв. Это подтвердило вывод, что шрифты различаются по своей разборчивости. Позже, в [125] авторы провели анализ публикаций, касающихся роли букв в восприятии текста в целом. Показано, что начертание отдельных символов и их идентификация мозгом, их пространственные характеристики и взаимодействие между собой, равно как и шрифты и гарнитуры в целом, является существенным фактором, влияющим на чтение, требующем дальнейших исследований.

Интересны работы, объединяющие изучение особенностей зрения и восприятия текстовой информации. Как уже было ранее показано, различные шрифты обладают различной разборчивостью (*legibility*). В измерении разборчивости основное место занимают эксперименты по измерению скорости чтения, пониманию, усталости, проведенные, в частности Тинкером [107] и Спенсером [24]. Влияние таких параметров, как цвета, контраста, длины строки, размера символа и интерлиньяжа, проводились в [126; 127; 128]. Результатом экспериментов стал тезис о том, что разборчивость зависит вовсе не от высоты шрифта (в общем случае, кегля), а от так называемого роста строчных символов (в западной прессе *x-height*, высоты символа «х» без учета верхних и нижних выносных элементов (*ascenders*, *descenders*)). Спенсер показал, что шрифты с одинаковой х-высотой обладают практически одинаковой разборчивостью и кажутся читателю одинаковыми по размеру. Приведенные выше эксперименты не показали разницы в разборчивости основных используемых шрифтов, несмотря на устойчивые предпочтения пользователей к некоторым шрифтам (что явля-

ется делом вкуса или привычки). Также не было найдено разницы между нормальными (светлыми) и полужирными начертаниями. Шрифты, набранные курсивом и только заглавными буквами, были существенно менее разборчивы [24]. Также большая дискуссия ведется об использовании засечек (*serifs*). Защитники засечек говорят, что они подчеркивают базовую линию шрифта, а противники – что засечки уменьшают четкость (*clarity*). Все аргументы имеют значение, но эксперименты не подтвердили различия в разборчивости серифных и бессерифных шрифтов [24]. Например, в работе [129] авторы сравнивали предпочтения читателей к серифным и рубленным шрифтам на примере *Times* и *Helvetica* путем сравнения скорости чтения. Для этого авторы использовали четыре теста: распознавание слов, скорость чтения, тест на понимание, тест на поиск (сканирование). Они использовали точность, скорость и понимание в качестве критериев для измерения разборчивости. Результаты испытаний поддержали гипотезу о равной разборчивости между шрифтами с засечками и шрифтами без засечек. Таким образом, разборчивость основных шрифтов приблизительно одинакова. Однако необходимо определить разборчивость шрифтов более точно. Это позволит, например, использовать более мелкий шрифт и таким образом экономить на производстве изданий. Психологические тесты недостаточно точны, чтобы определить такие незначительные разности, которыми обладают различные шрифты. Кроме того, они требуют тщательной обработки таких эффектов, как усталость, вкусовые предпочтения, скука, что требует большого количества экспериментов.

Многие исследования удобочитаемости (*readability*) в английском языке сообщают о сильной связи между скоростью чтения, точностью и пониманием прочитанного [130; 131], [132]. Понимание прочитанного – это «процесс одновременно извлечения и построения смысла через взаимодействие и проникновение в письменный язык. Оно состоит из трех элементов: читатель, текст и деятельность или цель чтения» [133]. Типографика учебников интересна по двум основным причинам. Во-первых, важно, чтобы типографика не вмешивалась в процесс понимания читателем текста. Это особо важно в отношении детей, которые только учатся читать. Во-вторых, отклик читателя на визуальное представление текста может влиять на мотивацию к чтению. В [134] утверждается, что разработка текстов, привлекательных для продажи (экономичных) в большей степени, чем привлекательных для пользователя (удобных, удовлетворяющих), может быть еще одним фактором, делающим обучение чтению более сложным.

Влияние межстрочного интервала на понимание также велико. В [135; 136] авторы утверждали, что дополнительное межстрочное пространство облегчает следование взгляда вдоль каждой строки и точный возврат к началу каждой следующей строки. Оно также может помочь с распознаванием слов, т. к. возникает меньше визуальных помех или «слияния контуров» со строками выше и ниже. Они же высказали мнение, что шрифты 16 пт с засечками являются наиболее предпочтительными с учетом разборчивости. Многие исследования чтения английских слов поддерживают преимущество двойного межстрочного интервала для чтения на экране компьютера [120; 137; 138]. Выражаются мнения, что двойной межстрочный интервал уменьшает боковое маскирование, уменьшает количество фиксаций и приводит к более точному возврату взгляда во время чтения [120; 137; 139]. Тем не менее, исследования межстрочного интервала при чтении китайских иероглифов на печатных страницах показали, что межстрочный интервал в 0,5 и 1 высоту символов не оказали никакого влияния на скорость чтения [140]. Когда текст печатается без полей, это приводит к снижению удо-

влетворенности и напряжению при зрительном восприятии [141]. Соотношение между межстрочным и межсловным интервалами также важно. В соответствии с принципами гештальтпсихологии, существует тенденция в группе элементов в поле зрения на основе их близости [142]. Учитывая, что целью типографики является группировка слов в строки, расстояние между строками должно поэтому быть больше, чем расстояние между словами. В противном случае могут появиться отвлекающие вертикальные «реки» из пробелов. Хартли [143] утверждал, что, для того, чтобы избежать «оптического моста» между строками, минимальный интервал между строками должен быть увеличен на величину, эквивалентную указанному межсловному пробелу.

Процесс чтения – это не пассивный процесс, а активное визуальное восприятие. Читатель формирует гипотезы (ожидания слов) и в процессе чтения проверяет графические образы своим ожиданиям. Удобочитаемость (разборчивость) определяется соответствием этих ожиданий реальному воплощению с учетом содержания текста, семантики, графической формы знаков и пр. [93]. В книге Карова [93] приводятся некоторые результаты исследований второй половины XX века: Гейджел [цит. по: 93] разделил понятия «удобочитаемость» и «разборчивость», показав, что удобочитаемость зависит от разборчивости (букв и знаков), но не является прямым результатом разборчивости. Хартли, Бернхил, Дэвис [цит. по: 93] исследовали удобочитаемость строк 177,7 мм и двухколоночного текста с шириной колонки 85,6 мм. Испытуемые – учащиеся 7–8 классов. Изменялись следующие показатели: а) изменение интерлиньяжа и отсутствие отступа в первой строке; б) наличие отступа в первой строке без изменения интерлиньяжа; в) без отступа и без интерлиньяжа; г) без индексации нового абзаца. Значимая разница обнаружилась лишь между первым показателем и двумя последними. Зависимости от длины строки не обнаружено.

Исследование удобочитаемости немецких текстов проводилось в 60-ые годы XX века в Германии [93, с. 278–292]. Респонденты – 2 000 старшеклассников и студентов из Гамбурга. В исследовании использовались серифные и сансерифные шрифты. Значимой разности в скорости чтения не обнаружено. Обнаружен широкий разброс индивидуальных особенностей читателей. Также в исследовании обнаружено: светлые начертания читаются чуть быстрее, но практически не значимо; наклонные и курсивные начертания не влияют на скорость чтения; обнаружено небольшое превосходство рубленых шрифтов перед шрифтами с засечками, но это объяснилось привычками читателей.

Группа авторов исследовала вопросы удобочитаемости текстов на русском [144; 145]. Показано, что наиболее объективным и функциональным методом изучения удобочитаемости принято считать метод измерения скорости чтения. Он заключается в определении времени чтения связного или несвязного текста заданного объема. Авторы рассматривают проблему удобочитаемости (точнее, разборчивости, как мы ее используем) шрифтов, относя сюда все пространственные характеристики полосы набора, анализируют различные методы оценки удобочитаемости. Они ссылаются на книгу Карова [93], исследования Гешева и Колосова [109; 110]. Авторы еще раз заостряют внимание на художественных и пространственных особенностях различных шрифтов и рассматривают их влияние на удобочитаемость. Отмечено, что современные дизайнеры шрифтов разделяют понятия «читаемость», «читабельность», «удобочитаемость», «четкость». Читаемость (в смысле узнаваемость) можно отнести и к одному символу. Читабельность скорее относится к слову или гарнитуре. Удобочи-

таемость – это степень пригодности шрифта и показатель его красоты, удобочитаемость текста – суть комфорт чтения, на который влияет больше количество различных факторов, он относится скорее к полосе набора [146]. Четкость – это легкость, с которой читатель отделяет один символ от другого. Несмотря на подобные разъяснения, точной операционализации понятий, как уже отмечено, до сих пор нет. Исследователи отмечают большое количество популярных публикаций, в которых авторы без опоры на научные исследования высказывают свое видение вопросов верстки и макетирования. Высказывается мнение, что понятие удобочитаемость во многом субъективно и зависит от ситуации просмотра. Авторы признают существенные различия в оценках удобочитаемости у разных исследователей. Зарубежные исследования необходимо принимать во внимание, однако исследования удобочитаемости латинских шрифтов не могут быть применены для анализа кириллических, в частности из-за различий в структуре предложений, особенностей правописания. Кириллический алфавит в шрифтах очень отличается от латинского. Различная емкость строк: в латинских шрифтах много узких букв, тогда как в кириллических – много широких. Таким образом требуется продолжение исследований.

В [147] авторами предложена методика учета величины коэффициента интерлиньяжа для книжных изданий в пределах рекомендуемого интервала 1,1–1,2 с учетом допустимой длины строки и величины полей изданий на основе форматов изданий, предложенных в стандарте ГОСТ 5773-90 и с учетом гигиенических требований к набору. В работе ссылаются на алгоритм и программу расчета параметров экранной сетки *Baseline Grid*, разработанной Капелевым. В качестве базовых пропорций величин полей (корешкового, верхнего, наружного, нижнего) приняты 1 : 1,3 : 1,5 : 1,9, выбранные исходя из процента использования бумаги по ОСТ 29.62–86. Длина строки варьируется в пределах, определенных в ОСТ 29.124–94. Предполагается, что коэффициент интерлиньяжа будет зависеть от длины строки: максимальной длине строки соответствует максимальный (1,2) коэффициент интерлиньяжа. Ссылки в статье только на нормативную документацию.

В [148] автор предлагает методику расчета макета книжного издания, исходя (как и в [147]) из действующих нормативных документов: ОСТ 29.62–86 (параметры книжных полос), ГОСТ 5773–90 (по книжным и журнальным изданиям), ОСТ 29.124–94 (по ТУ на книжные издания). Отмечается, что расчеты предполагают существенный разброс параметров полосы набора. Постулируется проблема выбора «правильных» параметров набора, и в связи с этим предлагается методика расчета. В качестве критериев выступают: «классические принципы типографики» [1; 149; 150], требования нормативных документов (см. выше), удобопечатаемость, экономичность. Интерлиньяж определяется, исходя из положений классической типографики и удобочитаемости текста ([151], [152]). Для него выделены некоторые требования: величина интерлиньяжа зависит от высоты строчных букв; величина интерлиньяжа зависит от длины строки; гарнитуры, имеющие большую запечатываемую площадь очка знаков, требуют большего интерлиньяжа; видимый межсловный просвет должен быть меньше или равен видимому межстрочному просвету; верхние и нижние выносные элементы символов в двух смежных строках не должны пересекаться. Следовательно, величина интерлиньяжа представляется функцией нескольких переменных, зависящих от кегля, метрических параметров гарнитуры шрифта, символьного состава текста и формата полосы набора. Удобопечатаемое издание должно содержать целое или целое с половиной число физических печатных листов. Однако современная тенденция к снижению объема тиражей и использова-

нию цифровых способов печати снижает актуальность этого требования. Расчеты ведутся в метрических единицах и включают, например, расчет физической длины строки, исходя из реальных параметров шрифта (данных из файла шрифтовой метрики). На базе алгоритма создан программный модуль для расчета изданий.

В [153] авторы исследуют влияние типа шрифта на запоминание. В качестве переменных при вариации шрифтов выбраны: наличие или отсутствие засечек и пропорциональность или моноширинность. По итогам работы не найдено различий в запоминании прочитанного в зависимости от типа шрифта, кроме варианта с серифным шрифтом. Шрифт с засечками на 9 % повысил запоминаемость.

Эстетика верстки также важна. В [154] авторы на основе анализа предыдущих исследований и собственной серии экспериментов показали, что эстетические характеристики текста, отношение читателя и его настроение при чтении влияют на скорость чтения и восприятие информации из текста.

Повышение разборчивости может улучшить восприятие (понимание) текста, потому что первый шаг в процессе чтения — это визуальный прием информации [155]. Разборчивость определяется такими факторами, как шрифт, размер шрифта и пространственные характеристики полосы [156]. Символы гарнитуры имеют влияние на читаемость, так как влияют на то, как читатели могут различать слова и буквы. Таким образом, большая разборчивость приводит к большей способности различать и, следовательно, в большем умении читать текст [157]. Скорость чтения является важным фактором, который необходимо учитывать при работе с разборчивостью. Чтобы быть разборчивым, текст должен читаться быстро и легко [136]. Разборчивость связана с восприятием букв и слов и чтением текста быстро, легко и с пониманием. Оптимальная разборчивость достигается, если типографские факторы, такие как размер шрифта и интерлиньяж вместе обеспечивают легкое и быстрое чтение с необходимым пониманием [107].

Понимание происходит только когда читатель взаимодействует с текстом. Для понимания текста, читатели сначала должны прочесть текст [158]. Рабочая память имеет ограниченные возможности [159]. Таким образом, чтобы дать шанс кратковременной рабочей памяти понять текст, должны существовать некоторые уровни автоматизированного дешифрирования. Если для того, чтобы распознавать слова необходимо слишком много энергии, то меньше психической энергии останется для понимания [158]. Особенности текста влияют на взаимодействие читателя с текстом. В [158] приведено понятие «поверхностные структуры» (в нашей терминологии это пространственные характеристики) такие как тип шрифта и размер шрифта, как факторы, влияющие на взаимодействие читатель–текст. Эти особенности текста действительно важны для читателей, с точки зрения восприятия смысла. Разборчивость текста влияет на его читаемость (читабельность), что означает легкость понимания [160]. Следовательно, разборчивость влияет на понимание прочитанного [161].

В [153] авторы сфокусировались на влиянии типа шрифта на запоминание (*recalling*) информации. Исследование показало наличие значительного влияния шрифтов с засечками на запоминание. По мнению авторов, применение шрифтов с засечками делает ряд строк более легким для визуального разделения, следовательно, чтение становится легче, улучшается

понимание и запоминание. Еще одной причиной такого результата может быть более близкое знакомство участников экспериментов с серифными шрифтами [153].

Хотя читатели могут читать тексты, набранные различными шрифтами, неоспоримо, что распознавание слов в некоторых шрифтах легче, чем их распознавание в других. Люди всегда ценят шрифты, которые им нравятся, и жалуются на те, которые им не нравятся, но которые приходится использовать [162]. Многие исследователи считают шрифты с засечками более разборчивыми, потому что засечки дают дополнительную информацию для глаз [163] и повышают читабельность текста, помогая читателям отличить буквы и слова более легко [157]. Гешке [163] процитировал дизайнера Чака Бигелоу, который рекомендует для печати шрифты с засечками, потому что засечки не занимают много места в печати, но они занимают гораздо большую долю информации на экране по сравнению с тем, что имеется в печати. Также исследования чтения на бумаге [160] показывают, что тексты, которые имеют подстрочные (выносные) элементы легче читать по сравнению с текстами, которые их не имеют. Но в [164] авторы выступают против популярности шрифтов с засечками. Они представили две причины, по которым шрифты без засечек лучше шрифтов с засечками. Во-первых, засечки не являются частями букв, они были добавлены искусственно. Следовательно, как упомянули в [161], засечки в серифных шрифтах выступают в качестве визуального шума, когда глаза читателей пытаются обнаружить буквы и слова. Во-вторых, пространство между буквами в шрифтах с засечками немного уменьшается из-за «украшений», которые они имеют. Уменьшение этого пространства приводит к другим проблемам. Одной из них является проблема, которая называется боковое маскирование (*lateral masking*) или скученность (*crowding*), которая препятствует распознаванию букв в окружении других букв (приведено в [165]). Другой проблемой является то, что кодирование позиции символа может быть затруднено, что снижает способность распознавания слов [166].

К размеру шрифта всегда был интерес со стороны исследователей и издателей относительно разборчивости печати [107]. Большинство издателей утверждают, что размер 10 или 11 пт является самым маленьким из тех, которые должны быть использованы для книг. Хотя между ними нет полного согласия.

Гешке [163] провел исследование с целью выяснить, какой кегль подходит для чтения с экрана. Он использовал кегли 9, 10, и 12 гарнитуры *Helvetica*, но результаты не указывают на какие-либо существенные различия. В [167] сделаны похожие выводы. Выводы в [168] противоположные. В исследовании самый крупный размер шрифта был 14 пт, и было доказано, что он наиболее разборчивый. В [169] автор заявил, что на скорость чтения влияет скученность (*crowding*) как по вертикали, так и по горизонтали. Как он представляет, более крупные размеры шрифта требуют большего пространства между строками, что снизит скученность. Исследование [170] о влиянии размера шрифта на читабельность поддерживает эту идею. В исследовании использовались кегли 8 и 10 пт. Выводы исследования: текст размером 10 пт воспринимается более удобным для чтения, чем 8 пт. Разборчивость печати увеличивается с ростом размеров символов до точки, которая называется «критический размер печати» или CPS. Уменьшение размера букв ниже него будет снижать скорость чтения.

Еще одним моментом, влияющим на скорость чтения, является визуальный промежуток (*visual span*). Визуальный промежуток – это фактически количество смежных букв, которые могут быть распознаны во время фиксации (без движения глаз) [171]. Скорость чтения

снижается, когда визуальный промежуток становится меньше, т. к. меньше букв могут быть распознаны в одной фиксации, следовательно, скорость чтения замедляется, при этом скорость чтения пропорциональна средней длине саккады [172]. Размер визуального промежутка, измеренный в количестве букв, при небольшом изменении размера букв, тем не менее, остается приблизительно одинаковым. При уменьшении размера букв визуальный промежуток не увеличивается. Авторами установлено, что, несмотря на визуальный промежуток, скорость чтения в периферической области (до 20° по горизонтали) приблизительно равна скорости чтения в центральной области зрения. Это связано с основанным на лексическом анализе текста и предыдущем опыте читателя определенным предсказыванием и угадыванием читателем букв с коррекцией ошибок «на лету», даже если они недостаточно различимы. Позднее концепция визуального промежутка оценивалась авторами как достаточно размытая и теоретическая, кроме того размеры измеренных визуальных промежутков не согласуются с известными длительностями фиксаций и скоростью чтения. Некоторые из исследований, связанных с типом и дизайном шрифта, были чисто эмпирическими [173] и были слабо связаны с теорией. Отсутствие экспериментально поддерживаемых результатов подчеркивает значение исследований в этой области.

Интересными представляются результаты тестов распознаваемости и читабельности текстов среди респондентов, для которых язык исследования не является родным. В [174] описывается экспериментальное исследование, изучавшее взаимосвязь между типом шрифта, размером шрифта, межстрочным интервалом и разборчивостью, исходя из скорости чтения, понимания и извлечения информации. Авторы отмечают, что до сих пор мало известно о том, как особенности верстки воспринимаются читателями. Исследования в этой области имеют важное значение для того, чтобы установить важность дизайна шрифта и вопросов типографики в изучении чтения. Было предложено много рекомендаций и идей о повышении разборчивости, но они не были основаны на научных исследованиях, а в основном были результатом случайных наблюдений. Еще одним вопросом, всегда интересовавшим исследователей, было вероятное влияние типографики на понимание прочитанного.

В [133] определяется понимание прочитанного как «процесс одновременно извлечения и построения смысла через взаимодействие и вовлечение в письменный язык», предполагается, что понимание прочитанного состоит из трех факторов: читатель, чтение и текст. Результаты исследования [174] показали, что кегль 12 пт читался быстрее, чем 10 пт. Но выбор шрифта (с засечками или без) и межстрочного интервала не оказали существенного влияния на скорость чтения. Кроме того, не было никаких значимых результатов влияния типографских факторов в отношении понимания и запоминания. Вывод о том, что размер шрифта играет важную роль в определении скорости чтения, совпадает с заключениями [156], где утверждается, что увеличение размера буквы приводит к увеличению разборчивости. Результаты не удивительны: поскольку более крупные размеры шрифта, имеющие больший визуальный угол, могут обеспечить больше пространства между строками и, таким образом, уменьшить скученность.

Результаты исследования [174] противоречат данным в [175], где, суммируя другие исследования, делается вывод, что размер шрифта влияет на понимание. Результаты также не поддерживают идею [135], где считается, что, чем меньше слов на странице, тем читатели должны обработать меньше информации, и, следовательно, их понимание становится лучше.

Исследование также противоречит выводам [161], которые утверждают, что существующая разборчивость текста влияет на его читабельность и простоту понимания. Полученный в [174] результат находится в соответствии с результатом исследования [176] и результатов исследований [129], которые нашли равную разборчивость между шрифтами с засечками и шрифтами без засечек. Однако, например, Ромни [177] писал, что шрифты с засечками читаются быстрее из-за их невидимой горизонтальной линии, формируемой засечками, так что это увеличивает заметность (*saliency*) букв, что также подтверждается в [178].

Еще одна причина для веры в превосходство шрифтов с засечками над шрифтами без засечек – это то, что горизонтальные штрихи, которые расположены вдоль опорной (базовой) линии помогают читателям проще отслеживать строки, поэтому это приводит к более быстрому и эффективному чтению. Почти все современные исследователи полагают, что межстрочный интервал оказывает влияние на скорость чтения [179; 180]. Набор без интерлиньяжа (*set solid*) утомляет глаз, потому что одинарный интервал требует больше фиксаций в каждой строке, значит во время каждой фиксации можно прочесть меньше слов, поэтому время чтения становится больше [160]. Однако результаты исследования [174] не подтвердили эти данные. Авторы выдвинули предположение о том, что паттерны чтения на родном и не родном языках существенно отличаются.

В исследовании [181] изучалось чтение на арабском языке. Отмечено, что простой перенос результатов исследований чтения текстов на английском языке на арабский невозможен в силу различий орфографии. Поэтому необходимы отдельные исследования удобочитаемости текстов на каждом языке. Авторы изучали 9 образцов одного и того же текста, сверстанного в 1, 2 и 3 колонки с параметрами межстрочного интервала в 1, 1,5 и 2 кегля. Текст был напечатан шрифтом Arial, 12 пт. Оценки понимания респондентов были лучше для одноколоночной верстки с длинной строкой, чем для многоколоночной. Межстрочный интервал в данном исследовании не оказывал значимого эффекта на время чтения или понимание. С практической точки зрения отсутствие влияния межстрочного интервала на скорость чтения позволяет отображать больше текстовой информации внутри заданной области [182].

Результаты исследования показали, что верстка с учетом взаимовлияния колонок и длин строк имеет значимое влияние на достижение понимания, но не на скорость чтения [181]. Эти выводы также стоят в одной линии с предыдущими исследованиями, утверждающими, что вертикальная «скупенность», зависящая от длины строки и количества колонок, не является основным лимитирующим фактором скорости чтения и понимания при свободном движении глаз [183]. Однако, в своем резюме о длине строки Бэйли [184] высказался, что длинные текстовые строки, как в одноколоночной верстке (*single column layout*), увеличивают скорость чтения, в то время как короткие строки, как в многоколоночном наборе, – уменьшают. Исследования эффекта длины строки и количества колонок на понимание часто конфликтуют. Некоторые исследования показали, что более короткая строка ведет к улучшению понимания при чтении печатного текста и чтении с экрана монитора [185]. Наоборот, в [186] нашли, что длинная строка способствует лучшему общему пониманию, а в [122] нашли, что длина строки и количество колонок не оказывают эффекта на понимание. Во многих исследованиях не было найдено существенного различия в скорости чтения, времени понимания и количестве ошибок в понимании для одноколоночного набора с длинной строкой и для трехколоночного набора с короткой строкой [115].

Резюмируя вышеизложенное, можно с сожалением утверждать, что большинство результатов исследований разборчивости противоречивы. Не найдено однозначных зависимостей восприятия текстов от их пространственных характеристик. Очевидно, что одной из основных причин несогласованности результатов является отсутствие единого подхода к проведению экспериментов. Даже такой существенный фактор, как условия освещения, в большинстве исследований не учитывался или не описывался. Также большинство исследователей в описании стимульного материала приводят неполные сведения, а параметры шрифта обычно исчерпываются названием гарнитуры и кеглем, что дает мало информации о размере визуально воспринимаемых стимулов (букв, строк, страниц, межстрочных интервалов).

В работах, проведенных в Уральском федеральном университете [187–191], были учтены многие особенности восприятия, приведенные выше. В исследованиях изучались особенности влияния некоторых пространственных характеристик текстов на скорость чтения, а также особенности различимости графических объектов с близкими и существенно отличающимися разрешениями (в т. ч. нахождение дифференциальных порогов). Результаты показали, что при использовании привычного шрифта зависимость скорости чтения несвязного текста от коэффициента интерлиньяжа имеет экстремум (максимум) в диапазоне 1,6–2,2. Максимальная скорость чтения достигалась при коэффициенте интерлиньяжа 1,7. Скорость чтения при этом составляла 21 символ в секунду. Было показано, что скорость чтения с экрана монитора существенно ниже скорости чтения бумажного текста, однако положение экстремума то же самое. Одновременно с этим, зависимость положительного отношения респондентов (печатные тексты) к изменению величины интерлиньяжа продемонстрировала бимодальность, при этом экстремумы положительных оценок не совпали с экстремумом максимальной скорости чтения. Авторы впервые использовали метрические измерения пространственных характеристик текста [188]. В частности, рост строчных букв в эксперименте составил 4,50 мм, диапазон межстрочных интервалов 4,56–12,50 мм (что составило 1,01–2,78 роста). Максимум скорости чтения наблюдался при межстрочном интервале 9,64 мм или 2,14 роста. Основной максимум положительной оценки текстов находился в диапазоне коэффициентов интерлиньяжа 1,35–1,85 (соответствует диапазону физических расстояний 7,65–10,48 мм или 1,70–2,33 роста).

Как показал Дэйли [192], восприятие стимула (тест-объекта, изображения, текста и т. п.) существенно зависит от условий просмотра, параметров освещения. В работе [193] было процитировано большое количество авторов, а также подтверждено, что условия освещения существенно влияют на функцию контрастной чувствительности, в частности, при различении букв, для которых диапазон яркостей источника света рекомендуется выбирать в диапазоне от 100 до 1000 кд/м². Поэтому очень важно проводить эксперименты по изучению чтения в стандартизированных условиях. В работе [12] авторы предложили использовать для квалитметрических исследований специализированную просмотрную камеру со стандартными условиями освещения и наблюдения по ISO 3664:2009. Камера очень проста в изготовлении и доступна практически любому исследовательскому коллективу, при этом в ней формируются контролируемые, оптимальные для восприятия текстов и изображений условия.

Исследования разборчивости электронных текстов

Некоторые исследователи предположили, что компьютерные экраны при выводе текстов должны быть определенным образом структурированы и организованы, чтобы улучшить визуальный поиск информации и юзабилити [194; 195]. Исследования влияния длины строки в печати и на экране породили разные результаты. Например, для печатного текста принято считать, что длина строки не должна превышать 70 символов в строке (CPL, [24]). Для экранных представлений ситуация, к сожалению, менее ясна. Например, в задаче понимания [119] обнаружено, что блоки текста 75–100 CPL читаются быстрее, чем тогда, когда текст представлен в более коротких строках. Этот вывод контрастирует с более сложной задачей, используемой [186], где обнаружено, что изменения количества текста от 55 до 100 CPL не дало никакого влияния на скорость чтения. Однако обе эти задачи были основаны на чтение блоков текста, представленных на экране, а не при реальном чтении в окне веб-браузера. Давыдов [196] предполагает, что веб-дизайнеры должны использовать 60–65 CPL, а не среднюю длину строки по 80 или 100 символов, как в книгах, с нижним пределом в 40 символов. К сожалению читателей интернет-страниц, большинство браузеров настроены на 100 CPL, что, намного превышает ширину, удобную для восприятия глазом. Он также указал, что шрифты для печати плохо подходят для веб-дизайна. К сожалению, корректно перевести результаты исследования [196] в метрические единицы не представляется возможным, т. к. неизвестны точные параметры использованного шрифта, а также характеристики системы вывода. И это – общая проблема для всех исследований.

Было показано, что типографические переменные, такие как размер и тип шрифта, длина строки, плотность, поля, интервалы, влияют на удобочитаемость он-лайн текста [197]; [198] и предпочтения читателей [183]. Предыдущие исследования интервалов текста на веб-страницах показали смешанные результаты [199; 200]. Чтение текста с полями влияет на скорость чтения и понимания: чтение текста с полями было найдено более медленным, в то время, как осмысление текста без полей было лучше [141]. В работе [200] умеренные поля на веб-страницах, по сравнению с меньшими или большими, показали более высокое предпочтение пользователей, но не показали различий в скорости чтения в серии исследований.

Выше уже отмечались работы, исследующие параметры колонок и длины строк. Эффективность использования пространства в верстке может быть достигнута за счет более коротких строк в многоколоночном формате. Газеты и журналы, где обычно применяется такая верстка, доступны во всемирной паутине. Представление текста в многоколоночном виде позволяет сравнить короткие строки с более длинными, содержащими аналогичное количество текста из-за неизбежного компромисса «параметры колонок-длина строки». Ряд исследований в этой области был посвящен сравнению одно- и многоколоночного формата полос, однако никакого значимого результата по формату колонок и длине строки получено не было [107; 117]. С одной стороны, Поултон [111] сообщил, что одиночные колонки с длинной строкой читались быстрее, чем двойные колонки, показывая свидетельства недостатков многоколоночного макета со средней или короткой строкой для печатных текстов на английском языке, как и [119; 122], и для электронных текстов на веб-сайтах [121]. С другой стороны,

Фостер [114] обнаружил преимущество для многоколоночного макета со средней или короткой строкой для текста в печатном виде, а также и в электронном виде [115; 116]. Макет из одного столбца с длинными строками затрудняет для читателя точное определение местонахождения начала новых строк после долгого бокового движения глаз, особенно при малом межстрочном расстоянии [23], что свидетельствует о возможном взаимодействии параметров колонки и длины строки с межстрочным интервалом. Однако некоторые исследования не показали никакой разницы между представлением текста в виде двойных колонок со средней длиной строки и представлением текста в виде одной колонки с большой длиной строки [112; 113]. Найденные расхождения в типографических факторах для английских текстов показали, что для разработки руководств по типографике других языков необходимо изучить, в частности, совместное влияние установок колонок и длин строк на скорость чтения и понимание.

Бернард с коллегами в работах [167; 201; 202], исследуя чтение с компьютерного монитора, обнаружили, что шрифт 14 пунктов быстрее читается с экрана, нежели шрифт 12 пунктов. Читатели быстрее читают серифные шрифты, но предпочитают все-таки бессерифные. Причины этих эффектов не описаны, как не предложен тип шрифта для использования.

Чендлер [203] исследовал влияние типов и размеров шрифтов на скорость чтения и понимания при чтении с экрана (монитора). Он использовал гарнитуры *Palatino* и *Helvetica* в трех размерах: 8, 10, и 12 пт. Было доказано, что размер шрифта оказывает существенное влияние на скорость чтения. Размер 12 пт был самым крупным и читался быстрее, чем другие шрифты. Автор считает, что более крупный шрифт читается быстрее, потому что в нем больше доступных пикселей в каждой букве. В исследовании, не было найдено никакого существенного влияния выбора типа шрифта на скорость чтения. Также не найдено влияния размера шрифта и типа шрифта на понимание. Основной вывод автора, что гарнитура более влияет на разборчивость, чем на понимание.

Работа [204] исследует влияние типа шрифта и длины строки на поиск и извлечение данных из текстов на веб-страницах и на юзабилити веб-контента. Значимой зависимости от типа шрифта не обнаружено. Более длинные строки (85–100 мм) более удобны при быстром поиске (что поддерживает более ранние исследования), более короткие строки (55–70 мм) дают лучшие субъективные результаты при тщательном чтении, и лучше использовать именно их при дизайне веб-страниц. Респонденты предпочли гарнитуру *Arial*. *Times* был менее популярен. Авторы говорят об исследованиях веб-текстов, при которых большинство пользователей не читают длинные или сложные тексты. Обнаружено влияние длины строки. Влияния типа шрифта не обнаружено. Показано значимое различие между 70 и 85 CPL, производительность была более высокой на 70 CPL. Исследования в целом подтвердили все упомянутые ранее в этой области работы. Пользователи предпочли более короткие строки, но поиск данных был быстрее при использовании длинных строк. Влияние шрифта не обнаружено, но пользователи предпочли *Arial*.

Как можно увидеть, проблема отсутствия единого подхода в исследованиях характерна и для изучения чтения электронных текстов.

Исследования читабельности текстов

С середины XX века активизируются исследования читабельности текстов, исходя из оценок понимания, запоминания и пр. Возникают различные методики, вводящие метрики, ранжирующие тексты по их сложности. В частности, Флэш [205] предложил методику оценки сложности текста и формулу удобочитаемости (*Flesch Reading Ease*). Тейлор [206] предложил ныне широко используемую процедуру оценки удобочитаемости *Cloze test* (Клоуз-тест). В ее основе лежит определенный алгоритм количественной оценки состава слов, предложений и текста в целом. Все эти подходы отталкиваются так или иначе от содержания текста, фактически от когнитивной составляющей и от структуры слов (соотношения между буквами, средним количеством букв в слове, слов в предложении, предложений в абзаце и т. п.). Позднее Бормут [207] применил процедуру *Cloze* для оценки читабельности и понимания прочитанного студентами, а также для выявления сложностей в понимании текстов и их факторов. В целом работа углубила и расширила инструментарий, предложенный Тейлором, однако пространственная организация текстов во внимание не принималась.

С конца 60-х годов XX века в СССР и позже в России была проведена серия исследований, посвященных читабельности текстов в когнитивно-лингвистическом контексте. Первые исследования основывались на западном опыте применения методик Грея, Флеша, Халла и др. Формулу оценки сложности текста для русского текста впервые ввел М. С. Мацковский [208; 209]. Работа по анализу и систематизации существующих методик также была проведена Фирсовым [210]. Количественная взаимосвязь между характеристиками учебного текста и качеством его усвоения школьниками рассматривалась в работах И. П. Подласова [211]. Первая формула для измерения трудности печатного учебного текста была предложена Я. А. Микком [212]. Позднее Запекина [213] на основе предыдущего опыта сформулировала критерии оценок удобочитаемости учебной литературы. В том числе она предложила оценивать и типографское исполнение, и его применимость для конкретной возрастной группы в качестве внетекстового критерия читабельности, влияющего на первоначальное восприятие текста и обеспечивающего условия комфортности понимания. Система внетекстовых критериев читабельности ответственна за оценку их воздействия на скорость и уровень организации психологических механизмов восприятия (распознавание слов, организация внимания, формирование образов) и затем – на понимание.

Кроме методики Флеша [205], оценивающей согласованность текста, его семантику и наличие «трудных» слов, для анализа литературы на европейских языках широко применяются методики *Gunning Fog* [214], *SMOG* [215], *Flesch-Kincaid Readability Test* [216], *Coleman-Liau-Index* [217].

Формула Флеша: выбираются как минимум три образца по 100 слов; подсчитывается средняя длина слогов в каждом 100-словном образце (Y), подсчитывается средняя длина предложения в словах (X), вычисляется индекс *RES* (*reading ease score*) по формуле Флеша $RES = 206,835 - (1,015X + 0,846Y)$; при $RES = 90$ и более текст считается очень легким, при

$RES = 60-70$ текст считается стандартным, при $RES = 30-50$ текст сложный, для академической прессы. Адаптация RES для США производится по табличной формуле (табл. 6):

Таблица 6

Адаптация индекса RES для США (*US Flash grade level, FLG*)

Значения индекса RES	Определение индекса FLG
Более 70	$RES - ((RES - 150) / 10)$
Более 60	$RES - ((RES - 110) / 5)$
Более 50	$RES - ((RES - 93) / 3,33)$
Менее 50	$RES - ((RES - 140) / 6,66)$

Добавление к результату 5 дает рекомендуемый возраст читателя.

Тест FOG (Frequency of Gobbledegook): выбирается отрывок текста из 100 слов, вычисляется средняя длина (количество слов) предложения (S); вычисляется доля многосложных слов (3 и более слогов) в отрывках, и находится среднее значение (N); вычисляется FLG по формуле $FLG = 0,4 (S + N)$. Добавление к результату 5 дает рекомендуемый возраст читателя.

График читабельности FRY: выбирается 3 или более образцов текстов из 100 слов; подсчитывается количество предложений в каждом образце; для неполных предложений подсчитывается количество слов и выражается как функция длины последнего предложения с точностью до 0,1; подсчитывается количество слогов в каждом 100-словном образце (для чисел и аббревиатур 1 символ = 1 слог); на числовых осях количества предложений и количества слогов для образцов откладываются средние значения и строятся прямые, параллельные осям; позиция точки пересечения прямых дает значение FLG . Добавление к результату 5 дает рекомендуемый возраст читателя.

Формула SMOG: выбирается как минимум три отрывка из начала, середины и конца текста, каждый из 10 предложений; в этих (N , в нашем случае 30-ти) предложениях подсчитывается общее количество слов, состоящих из трех и более слогов (M); вычисляется квадратный корень из указанного числа. Добавление к результату 8 дает рекомендуемый возраст

читателя. Более точная формула следующая: $FLG = 1,0430 \cdot \sqrt{M \times \frac{30}{N}} + 3,1291$.

В 90-х годах XX века большой вклад в исследование чтения внесла Татьяна Назир, работавшая в области когнитивной психологии и компаративной и экспериментальной лингвистики во Франции. Она с соавторами опубликовала цикл работ [218–225]. Автор поднимает вопрос, почему для опытного читателя длина слова не имеет значение и не влияет на скорость чтения и понимания? С точки зрения физиологии это сложно объяснить, т. к. с увеличением длины слова часть его неизбежно должна попадать в парафовеальную область зрения, что должно сказаться на восприятии. Поддержана идея О'Рэйгана, что для символов угловой ширины $0,4^\circ$ (на расстоянии чтения 40 см это соответствует 2,8 мм) визуальный промежуток (*visual span*) составляет порядка 15 букв. Пределы остроты зрения и скорость, с которой читает квалифицированный читатель (4,8 слова в секунду [65]) должны сделать все слова труднораспознаваемыми. Однако этого не происходит. Для начинающих же читателей влияние длины слова на восприятия очень существенно (производительность линейно падает с увеличением длины слов). Оно постепенно исчезает по мере их обучения и появления опыта в чтении. В некоторых случаях люди после травм в височно-затылочных областях левого

полушария также могут иметь проблемы с восприятием длинных слов. Автор в различных экспериментах показал, что опыт читателя нарабатывается в шаблонах движения глаза (*eye movement pattern*): на ранних стадиях чтения оно вызывает визуальное «обучение» зрительным путям (*visual pathway*), формируя шаблоны (*pattern*) в памяти. Положительная корреляция между частотой ретиальной экспозиции (на сетчатке) и производительностью распознавания слов локализует области «обучения» на довольно ранних стадиях визуальной обработки. Контекстно-зависимые вариации разборчивости (*legibility*) отдельных букв в строке позволяют предположить, что ограничения более высокого уровня взаимодействуют с накоплением визуальной информации на этих ранних стадиях, что доказывает изменение функциональной организации чтения на первичных стадиях сенсорной обработки.

В одной из частей фундаментального сборника «*Reading as a perceptual process*», вышедшего в 2000 году, автор Мартин Х. Фишер описывает подходы к оценке пространственных атрибутов печатного текста [226]. Согласно автору, чтением является пространственная деятельность глаза, перемещающегося из одного места фиксации на следующее, собирая пространственно-распределенную информацию. Несмотря на это, наше нынешнее понимание и моделирование чтения имеет тенденцию игнорировать актуальность пространственных характеристик текстов при чтении. Некоторые результаты показывают, что пространственные характеристики текста могут повлиять на его читабельность. Предполагается, что читатель поддерживает пространственное представление текста в виде страниц (оно наиболее естественно для читателя), и что нормальное чтение предполагает активацию предвзятых (субъективных) когнитивных представлений о длине слова, возможно, из-за сосредоточения внимания на масштабировании в модуле орфографической обработки. Отмечено, что современные модели чтения в основном базируются на измерениях временных параметров и производительности различных текстовых признаков и предикторов, однако практически не учитывают влияния пространственных переменных.

Нужно отметить, что чтение электронных текстов, особенно с использованием гипертекстовой разметки, существенно отличается от обычного «линейного» чтения. В частности, в незнакомом «нелинейном» гипертекстовом документе легко «потеряться» [227; 228], чего практически не бывает при чтении «твердой копии» (*hardcopy*), даже если мы видим только какой-то сегмент текста. Все это является проявлением различных когнитивных репрезентаций текста. Текущие теории не могут этого объяснить, т. к. отсутствует комплексная теория пространственного познания в чтении. Исключение – гипотеза пространственного кодирования [229]. В ней текст рассматривается как любой другой визуальный объект. Хотя последующая обработка информации дает фонологические, синтаксические и семантические представления текста в соответствии с пространственной гипотезой кодирования, изначально воспринятая информация о пространственных признаках текста остается доступной в рабочей памяти, в том числе разметка текста (*layout*) и расположение суждений в тексте. Кеннеди подтвердил версию о пространственном кодировании, но оставил открытым вопрос о том, как такие пространственные коды генерируются, поддерживаются и впоследствии восстанавливаются.

В дальнейшем автор описывает серию экспериментов, проводимых в основном с текстами на компьютерных мониторах с целью уточнить, какие познавательные операции участвуют в пространственном познании во время чтения. Было высказано предположение,

что пространственное представление текста является странично-ориентированным, и что когнитивное представление длины слова смещено. Это смещение может отражать стратегию внимания лексического доступа, а также может быть основано на активации выделенных орфографических модулей обработки в головном мозге. Понимание пространственного кодирования текста может привести к созданию всеобъемлющей теории чтения.

Вопросы разработки новых метрик читабельности текстов и переноса известных формул оценки сложности текстов на неевропейские языки представляются чрезвычайно актуальными. Наиболее заметные работы существуют для турецкого и русского языков. Так, в [230] авторы адаптировали известные формулы удобочитаемости текстов на английском языке (*Flesch*, *FOG*, *FRY*, *SMOG*) для турецкого языка. Коэффициенты в формулах были подобраны, исходя из особенностей турецких научных текстов. Стоит отметить, что тексты на немецком, французском и голландском языках оцениваются по тем же формулам, что и английский.

И. В. Оборнева в серии работ [231; 232] критически исследовала формулу Флеша для оценки сложности текста (читабельности) английского языка и ввела коррективы коэффициентов, входящих в формулу, для применения для текстов на русском языке. Позднее она еще раз скорректировала формулу в других переменных.

Исходная формула: $K = 206,836 - 84,6 \cdot W - 1,015 \cdot S$,

Скорректированная формула: $K = 206,836 - 65,14 \cdot W - 1,52 \cdot S$,

где K – оценка трудности текста, W – число слогов на 100 слов текста, S – средняя длина слов в предложениях.

Новая формула в других переменных $K = 206,835 - 60,1 \cdot ASW - 1,3 \cdot ASL$,

где ASW – средняя длина слова в слогах; ASL – средняя длина предложения в словах.

В [233] авторы исследуют новые вычислительные методы оценки читабельности на основе понимания английских текстов и их структуры. Это исследование является предварительной экспертизой в области использования вычислительного инструмента *Coh-Metrix*, который измеряет слаженность и сложность текста на различных уровнях языка и концептуального анализа, как средство измерения читабельности текстов на английском языке. Исследование показывает, что *Coh-Metrix* переменные могут способствовать предсказанию читабельности, отражая психолингвистические факторы понимания прочитанного.

С. В. Окладникова в своем исследовании [234] применяет классические формулы читабельности к тестовым материалам, использующимся в образовательном процессе. Отмечено различие русского и английского языка: средняя длина слова в русском языке 3,03 слога, в английском – 2,77 слога. Предложения на английском языке в среднем в 1,43 раза длиннее, чем на русском (не указано, в каких единицах). Автор ссылается на работу И. В. Оборневой, но при этом отмечают, что модифицированная формула Флеша не подходит для оценки удобочитаемости (так у автора, в нашей терминологии это читабельность) тестовых материалов, поскольку для оценки по формуле берутся тексты, состоящие не менее, чем из 100 слов, когда как в тестах обычно порядка 25. Кроме того, структура тестов существенно отличается от

структуры текстовой информации, поэтому предложена модификация существующих моделей, исходя из специфики тестов.

Автор эвристически ввела некоторые единичные показатели качества (ЕПК) и в дальнейшем оценивала тестовые материалы в терминах качества. Нормировка показателей производилась по некоторым существующим тестовым материалам, имеющим известные показатели качества. Весовые значения показателей определялись экспертно. Далее определялись комплексные показатели качества. В качестве критерия состоятельности комплексного показателя качества выступала его монотонность (возрастание или убывание) при улучшении качества тестов. Для ЕПК были рассчитаны диапазоны значений.

А. А. Рыбанов предлагает оценивать качество текстов электронных средств обучения известными количественными методами [235]. В качестве критериев оценки текстов электронных средств обучения могут быть выбраны метрики удобочитаемости (в смысле читабельности) текста. Для оценки удобочитаемости текста широко используются следующие меры читаемости: формула Флеша, формула Флеша-Кинкайда, индекс Фог, формула читаемости Дейла-Челла, формула Фара-Дженкинса-Паттерсона, формула читаемости Фрая, формула Лоджа, *SMOG* классификация. Меры удобочитаемости могут служить основой при сравнении абсолютной сложности различных образцов текстов, если их применять осторожно и с осознанием их возможностей и ограничений. Отмечено, что наибольшее распространение получили формулы Флеша и Флеша-Кинкайда. Автор ссылается на работу И. В. Оборневой, где предложена корректировка формул Флеша и Флеша-Кинкайда для анализа текстов на русском языке.

Формула Флеша прогнозирует степень трудности текста. Полученная по формуле (1) оценка степени трудности текста сравнивается со следующими стандартами: 90–100 – высокая легкость чтения; 70–80 – легко; 60–65 – стандартно; 50–55 – интеллектуальный уровень (деловые издания, литературные журналы); 30 и ниже – научный уровень (профессиональная и научная литература). Формула Флеша-Кинкайда (Ф-К) показывает, каким уровнем образования должен обладать читатель исследуемого текста. Полученная по формуле Ф-К оценка уровня образования сравнивается со следующими стандартами: значения в интервале 0–10 показывают число классов школы, оконченных читателем; следующие пять значений в интервале 11–15 соответствуют курсам высшего учебного заведения; высшие пять значений в интервале 15–20 относятся к сложным научным текстам. Для расчетов по формулам (1) – (2) используется либо весь текст полностью (при его небольшом объеме), либо от 3 до 5 случайных выборок объемом по 100 слов (или от 25 до 30 таких выборок).

В [236] авторы сравнивают применимость различных формул измерения читабельности (*readability*) к научным и публицистическим текстам для школьников на турецком языке. Показано, что классические формулы при доработке могут быть использованы для турецкого языка. Приведена модифицированная формула Флеша для турецкого языка.

В статье [237] дается обзор существующих методов анализа читабельности (*readability*). Указано, что все известные формулы для оценки (*Flesch-Kincaid Readability Test*, *Flesch Reading Ease*, *SMOG*, *Coleman-Liau-Index*, *Gunning Fog*) основаны на статистической обработке текста и подсчету букв – словосочетаний-слов-абзацев... Эти и некоторые другие методы оценивают согласованность текста, его семантику и наличие «трудных» слов. В свою

очередь, авторы предлагают подход визуализации текстов в целом для определения зон, которые читаются лучше или хуже. Они описывают разработанный программный продукт для анализа текстов (*VisRA*) и все исследования основаны на его применении. Однако этот продукт основан также на анализе семантики. Авторы указали на 141 особенность текстов, по которым они произвели классификацию в 4 группы, также основанные в итоге на когнитивных особенностях читателя при восприятии смысла текста. В итоге после удаления «лишних» особенностей, были выделены несколько основных: средняя длина слова, средняя длина предложения, сложность словаря, сложность структуры предложений, номинальные формы (соотношение существительных к глаголам и наличие специальных форм глаголов, характерных для английского и немецкого языков).

Группа авторов [238; 239; 240; 241] провела систематизацию характеристик учебных текстов, влияющих на усвоение учебного материала, методами факторного анализа. Было выделено (по-видимому, эвристически) 49 характеристик. На основании многомерного факторного анализа авторы выделили 7 групп близких параметров текста, таким образом при дальнейшем анализе можно использовать только один признак (фактор) из группы.

В 2012 году авторы исследовали субъективную трудность когнитивного восприятия учебных текстов. Проведены эксперименты с использованием различных методик для получения объективных критериев относительно трудности текстов. Использованы значения 49 параметров учебных текстов из [241]. Снижение признакового пространства осуществлялось методами многомерного статистического анализа. На основе исследований была создана программа по автоматизированному расчету трудности учебных текстов. Обработка и анализ результатов экспериментов позволили выявить информацию относительно трудности восприятия учебного материала для вузов по философии и экономической теории. На основании полученных данных найдены пять объективных критериев, определяющих трудность текста: процент правильно заполненных пропусков; относительное время работы с текстом – с использованием методики дополнения; средняя оценка трудности восприятия текста; относительное время работы с текстом – с использованием балльных оценок; ранг текста. Если исключить факторы лингвистические, которые заведомо существенно влияют на читабельность текстов (процент сложных слов, процент сложных предложений, процент повторяющихся слов и т. п.), то можно выделить несколько базовых факторов, опосредованно связанных с типографским исполнением: средняя длина слов в буквах, средняя длина предложения в словах. Это фактически те же факторы, которые учитываются, например, в индексе Флеша.

Учет сложности текстового стимула в экспериментах по исследованию чтения представляется весьма актуальным. По крайней мере, сложность различных текстов в одном исследовании должна отвечать требованиям исследования. Исследования скорости чтения и влияния на него различных пространственных характеристик текстов, проведенные автором в Уральском федеральном университете [189], не показали статистической разницы при использовании текстов с различными значениями индексов Флеша и ФОГ. Более того, автор предлагает использовать в качестве стимульного материала в экспериментах по чтению бессмысленные тексты, поскольку, как уже было показано выше, когнитивная составляющая при чтении существенным образом влияет на скорость чтения и восприятия текста, что может оказать негативное воздействие на достоверность результата исследования.

Вопросы охраны здоровья и безопасности при чтении

Советские-российские авторы часто связывали технические вопросы, безопасность и здоровье. В частности, Глушкова [242] исследовала факторы, влияющие на зрение. Она определила, что удобочитаемость шрифта определяется скоростью, т. е. быстротой восприятия, и удобством чтения как отдельных знаков, так и текста в целом, а также правильностью понимания прочитанного без лишнего напряжения и повышенной утомляемости. Благодаря удобочитаемому шрифту при чтении не повышается глазное давление, внимание концентрируется, в основном, на самой информации, а не на средствах ее передачи. Поэтому целесообразно еще на допечатной стадии выбрать для набора текста изданий качественный и удобочитаемый шрифт. Правильный выбор параметров набора шрифта и верстки является необходимой частью технологического процесса подготовки и выпуска в свет печатного издания.

В недавней работе [243] авторы исследуют чтение с бумажных и электронных носителей (экранов компьютеров). Напряжение зрительного анализатора способствует также появлению головной боли, увеличивает частоту и продолжительность заболеваний, связанных с нарушением кровообращения и тонуса стенок сосудов («вегетососудистая дистония» и др.). К одной из основных причин роста близорукости у школьников следует отнести шрифтовое оформление учебной литературы. В НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков Научного центра здоровья детей РАМН на протяжении многих лет изучается влияние чтения на организм школьников разного возраста в зависимости от способов предъявления текстовой информации на страницах учебной литературы: размер шрифта основного и дополнительного текстов, длина строки, увеличение интерлиньяжа, рисунок шрифта. В ходе экспериментов исследовались критическая частота слияния мельканий (КЧСМ), позволяющая судить о функциональном состоянии зрительного анализатора, и в первую очередь его коркового звена, а также электроокулограмма. Оценивали влияние процесса чтения текстов, различающихся по параметрам шрифтового оформления, на развитие зрительного утомления, устойчивость функции памяти и концентрацию внимания у детей разного возраста, определяли временные пороги развития утомления. Были изучены особенности предъявления информации в учебных изданиях по различным дисциплинам, предназначенных для разных классов. Результаты проведенных исследований позволили разработать требования к учебным изданиям (СанПиН 2.4.7.1166В02 «Гигиенические требования к изданиям учебным для общего и начального профессионального образования»; СанПИН 2.4.7.960В00 «Гигиенические требования к изданиям книжным и журнальным для детей и подростков»), внедрение которых способствовало сокращению количества учебников и учебных пособий, не соответствующих гигиеническим нормам, в 4 раза: так, в 1996 г. не соответствовали гигиеническим требованиям 80 % учебников, поступивших на экспертизу, в 2001 г. – 45 %, а в 2005 г. – 19 %.

Работа с экраном приводит к перенапряжению зрительной системы, мышц плечевого пояса, вызывает негативные сдвиги в нервно-эмоциональном статусе. Развитие зрительной системы происходило под действием отраженного света, т. е. наблюдение светящегося объекта противоречит самой природе глаза [244]. Неестественным для зрительной системы яв-

ляется и сокращение аккомодационной мышцы при горизонтальной или направленной вверх линии зрения – такая направленность требует расслабления аккомодации. Наблюдение сплошного образа (отпечаток на бумаге) – менее сложный физиологический процесс опознавания образа, чем наблюдение дискретного объекта и суммация образа в единый на уровне коркового представительства зрительного анализатора. Пульсирующая световая волна приводит к снижению чувствительности зрения, негативному изменению его инерционных характеристик. Таким образом, астенопический характер процесса чтения усугубляется выявленными противоречиями при чтении с экрана дисплея, вместе с тем все факторы, определяющие удобочитаемость текста на бумажном носителе, остаются значимыми и для экрана. Основной методологией при изучении ответной реакции зрительной системы учащихся в зависимости от способов предъявления информации явилась сравнительная оценка удобочитаемости на экране и на бумажном носителе. Контролем служило чтение с листа со шрифтовым оформлением, аналогичным выводимому на экран. Изучали удобочитаемость 15 вариантов цветовых сочетаний. В экспериментальных исследованиях регистрировали скорость чтения (по времени чтения, в сек) и количество допускаемых ошибок. Статистические данные свидетельствуют о выраженном затруднении чтения с экрана компьютера по сравнению с чтением с листа в 12 случаях из 15. Статистические данные показывают, что количество ошибок при чтении с листа любой части текста значимо меньше чем с экрана компьютера, четко прослеживается отсутствие периода устойчивой работоспособности при чтении с экрана.

В работе [245] авторы проводят сравнение удобочитаемости трех различных носителей информации: бумаги, персонального компьютера (ЖК монитор) и ридера (*e-ink*) у 30 школьников 12–14 лет. С помощью комплексной оценки качества деятельности (скорость чтения вслух, количество ошибок при чтении, интегральный показатель степени сложности зрительной задачи), ее физиологической стоимости (по данным ЭЭГ (электроэнцефалограммы), ЭОГ (электроокулограммы) и ЭКГ (электрокардиограммы)), а также субъективного предпочтения в выборе носителя со стороны школьников показано, что по сумме признаков ридер занимает промежуточное положение между печатным текстом и экраном компьютера. Удобочитаемость текста, предъявленного на экране ридера, занимает промежуточное положение между удобочитаемостью текстов с листа бумаги и экрана компьютера. Полученные результаты свидетельствуют, что, несмотря на более высокое предпочтение, которое оказали школьники ридеру по сравнению с листом бумаги и экраном компьютера, чтение с экрана ридера вызывает у них ряд физиологических изменений, свидетельствующих о более высокой физиологической стоимости его использования по сравнению с бумажным носителем. Чтение с экрана ридера, по сравнению с бумагой, сопровождается повышением медленной активности в ЭЭГ затылочной области коры головного мозга, что говорит о более выраженном утомлении центральной нервной системы (ЦНС). При чтении с экрана ридера у школьников также усиливаются ЭЭГ-признаки эмоционального напряжения – тета-волны в лобных областях коры. Окуло-моторная активность при чтении с экрана ридера и листа бумаги различается незначительно, однако характер различий (относительное увеличение соотношения количества реверсивных и прогрессивных саккад) свидетельствует о некотором затруднении при чтении с экрана ридера. Сопоставление количества саккадических движений при чтении на разных носителях выявляет их наибольшее количество при чтении на компьютере, что свидетельствует как о большей трудности восприятия текста, так и о возможности более значительного утомления глазных мышц при чтении с этого носителя. Увеличение мощности

медленноволнового (*LF*) диапазона спектра КИГ (кардиоинтервалограммы), показателя симпатической активности, более выражено в процессе чтения с экрана компьютера, однако, оно нормализуется сразу после окончания чтения текста с бумажного и компьютерного носителей. Характерной особенностью ридера является более длительное сохранение признаков повышенной симпатической активации, наблюдаемое и после окончания чтения, т. е. эффект повышенной эмоциональной напряженности при чтении ридера. Физиолого-гигиеническая оценка восприятия информации с экрана ридера свидетельствует о необходимости регламентации безопасного использования ридеров для детей (шрифтовое и цветовое оформление текстов, продолжительность чтения, использования, средства профилактики зрительного утомления и переутомления). Показана необходимость дополнительных исследований.

Однако и зарубежные авторы не обходят вопросы безопасности. В работе [246] исследуется юзабилити бумажных и электронных книг (чтение с монитора) с измерением понимания, восприятия и усталости. Респонденты – 56 студентов 6 курса из Сеула, Корея. Обнаружено, что несмотря на положительное отношение респондентов к электронным книгам, они предпочитали все же бумажные книги. Восприятие, запоминание при чтении бумажных книг было выше, а усталость ниже. Критика касалась представления текста на экране.

В работе [247] авторы исследовали и сравнивали чтение бумажных текстов и их аналогов в виде PDF файлов на компьютерах. Показаны существенно лучшие результаты в скорости чтения и качестве понимания при чтении бумажных оригиналов.

Отечественные авторы Морозова и Новикова [248] изучали особенности чтения текста с бумажных и электронных носителей. При чтении текста с экрана монитора наблюдалось увеличение пространственной синхронизации биоэлектрических потенциалов мозга в бета-диапазоне между зрительными, теменными и задневисочными зонами правой и левой гемисфер. В сравнении с результатами, регистрируемыми в фоновом состоянии, показатели КЧСМ после чтения снижаются, что свидетельствует об утомлении зрительного анализатора. Напряжение зрительного анализатора при чтении с электронных и бумажных носителей достоверно отличается: при чтении с экрана монитора утомление нарастает больше, чем при чтении с листа бумаги.

В [249] автор дает обзор ситуации с современным шрифтовым оформлением учебников для школы. Показано противоречие норм действующего технического регулирования и современного состояния дел с шрифтовым оформлением. Показан дефицит гарнитур, предназначенных для набора учебной литературы. Показано, что санитарные нормы определяют требования лишь к высоте прописных символов, что ни в коей мере не отражает реального положения с удобочитаемостью шрифта, поскольку основной вклад в нее делает рост строчных символов. Кроме того, показано большое разнообразие характеристик шрифтов, влияющих на гигиенические показатели (например, емкость шрифта влияет на толщину и вес учебника). Показано отсутствие в России современных исследований удобочитаемости. Предложено продолжать исследования в области разработки современной гарнитуры для учебной литературы. Кроме этого, в работе показано, что разрешение экранов мониторов 150 *dpi* крайне недостаточно, чтобы воспроизводить элементы шрифтов, поэтому использование бессерифных шрифтов для чтения с монитора представляется разумным. Тем не менее, электронные шрифты требуют специальной разработки и оптимизации. Предложен полный пе-

переход на разработку шрифтов *OpenType* с кодировкой *Unicode*, способной вместить все шрифты перспективной гарнитуры, предназначенной для набора учебной литературы.

Исследования показали, что переход на электронные версии книг и учебников при современном уровне развития технологий невозможен или как минимум небезопасен, поэтому вопросы качества подготовки книжных изданий будут актуальны еще длительное время.

Заключение

Проведя метаанализ по данным исследований, процитированным в литературном обзоре, можно выделить следующие результаты. Минимальная, максимальная и средняя длины строк, измеренные в миллиметрах, определенных как удобочитаемые, удобные для восприятия, наиболее быстро читаемые и т. п. имеют небольшую тенденцию к росту в исторической перспективе: от примерно 100 мм до примерно 140 мм с увеличением дисперсии, которую можно объяснить большим количеством разноплановых исследований на различных языках, использующим различные шрифты и нацеленных на различные результаты.

Диапазон кеглей шрифтов, используемых в исследованиях, исторически растет от 8 пт до 12–14 пт. Это можно объяснить ростом исследований, включающих восприятие с экранов мониторов, где обычно используется шрифт большего размера. В шести исследованиях показывалось положительное влияние засечек в шрифтах, в трех исследованиях – отрицательное, в двух явно было показано безразличие читателей к наличию засечек. В семи исследованиях показывалось преимущество одноколоночного набора, в трех исследованиях были показаны недостатки одноколоночного набора. Наоборот, четыре исследования показали преимущество многоколоночного набора, пять исследований показали недостатки многоколоночного набора перед одноколоночным. В шести исследованиях не показано различий одноколоночного набора перед многоколоночным.

На основе всего вышеизложенного можно сделать несколько выводов.

1. Пространственная организация полосы набора (для печатных текстов и электронных книг на базе *e-ink*) или форматирование текстового контента (для электронных текстов) является базовым уровнем восприятия текстовой информации, влияющим на всю ее последующую обработку зрительной системой и далее мозгом.
2. Наибольшую безопасность (особенно для детей) представляет традиционное чтение текста с бумажного носителя. Даже устройства чтения на *e-ink*, не говоря уже об экранах компьютеров, пока существенно уступают традиционной бумажной книге. При обучении чтению в школе и вузе рекомендуется использовать только бумажные учебники и учебные пособия, обладающие наилучшими эргономическими показателями и созданные на базе научно обоснованных методов верстки.
3. Чем меньше ресурсов (внимания) расходуется на первичном этапе обработки текстовой информации, тем быстрее и полнее происходит ее дальнейшее усвоение.
4. Нормальной (привычной) для восприятия человека является страничная организация текста, состоящего из строк с определенным расстоянием между ними.
5. Оптимальная длина строки определяется особенностями зрения человека, а также размером символов (точнее, количеством символов, одновременно воспринимаемым во время фиксаций). Человек читает (узнает, распознает) не буквы, а слова и даже словосочетания. Межстрочный интервал должен быть больше среднего межсловного расстояния, чтобы строки текста хорошо визуальнo отделялись одна от другой.

6. Единственным объективным коррелятом качества восприятия текста как такового является скорость его чтения. Все остальные критерии учитывают восприятие, понимание, запоминание и пр., сильно зависящие от содержания текста, степени знакомства читателя с темой, эмоционального состояния читателя и т. д.
7. При чтении текстов более высокой сложности когнитивная составляющая восприятия текста играет меньшую роль, поскольку отключаются привычные паттерны чтения, связанные с обычными лексическими и синтаксическими конструкциями. Наиболее объективно скорость чтения текста оценивается на текстах высокой сложности. Мы предполагаем, что бессмысленные тексты – наилучший вариант для исследований скорости чтения.
8. Форма символов шрифта, наличие или отсутствие засечек практически не влияют на скорость чтения. Предпочтения тех или иных шрифтов являются, в основном, результатом предыдущего опыта читателя, привычек, субъективных оценок и первичного опыта, сформированного в начале обучения чтению. Это же относится и к количеству колонок на полосе набора.
9. Единственным параметром шрифта, существенно влияющим на распознавание (разборчивость) символов и на визуальное разделение строк, является высота («рост») строчных букв.
10. Существенным фактором, влияющим на чтение, являются физиологические особенности зрения: острота, угол эксцентричности экстрафовеальной области, количество символов строки текста, попадающих в фовеальную и парафовеальную области, пространственное распределение степени ослабления остроты зрения в экстрафовеальной области и пр.
11. Удовлетворение от пространственной организации текста (полосы набора) влияет на отношение читателя к тексту. Положительное отношение к тексту коррелирует со скоростью чтения.
12. Чтение не является стационарным процессом: на него влияет большое количество факторов, как известных (устомление, эмоциональное состояние, самочувствие), так и неизвестных.
13. Существует различие между самоотчетом респондента относительно комфорта восприятия того или иного шрифта (текста) и объективными показателями (скорость чтения).
14. Существует конечное количество сочетаний пространственных характеристик текста, определяющих условно высокую разборчивость.

На основе вышеизложенного можно оценить подходы к построению базовой модели чтения. Исходя из индивидуальных особенностей зрительного аппарата и имеющегося читательского опыта, квалифицированный читатель обладает определенным устоявшимся паттерном (шаблоном) чтения. Зрительный аппарат определяет на поверхности листа отрезок строки, который попадает в зону восприятия при фиксациях, а также среднюю длину саккад. Кроме того, вероятно, зрительный аппарат определяет и расстояние между строками, когда символы с соседней строки не мешают восприятию символов текущей строки, что обеспечивает комфортный перескок на начало следующей строки. Длина строки текста с максимальной скоростью чтения должна соответствовать целому числу средних саккад (лучше 3 или 4), это определяет время в течение которого информация накапливается и поступает в мозг на обработку, а также обеспечивает диссипацию нервной системы и ее подготовку к восприя-

тию следующей порции информации. Зависимость скорости чтения взрослого квалифицированного читателя от различных факторов можно представить в виде функции:

$S = f(xh, ll, il, vcn, cw, sl, wn, ln)$, где

- ☐ xh – рост строчных букв;
- ☐ ll – длина строки;
- ☐ il – интерлиньяж;
- ☐ vcn – среднее кол-во букв в слове;
- ☐ cw – средняя ширина символа;
- ☐ sl – средняя амплитуда саккады;
- ☐ wn – среднее кол-во слов в строке;
- ☐ ln – среднее количество строк на странице.

Исследования, проведенные в разных странах по различным научным направлениям, связанным с чтением, до сих пор чрезвычайно разрознены и не унифицированы. Их сложно сравнивать и соотносить, поэтому необходима определенная унификация. Мы предлагаем несколько решений для подобной унификации, необходимой для получения возможности сравнения исследований в области читабельности и разборчивости текстов:

1. Необходим переход от типографских и «компьютерных» единиц измерения к метрическим единицам (СИ).
2. Основным геометрическим параметром шрифта и текста целесообразно считать рост строчных букв (необходимо обратить внимание, что подразумевается не знакоместо типографского символа, а визуально воспринимаемая высота строчных символов шрифта в угловых или линейных единицах).
3. Расстояние между базовыми линиями необходимо учитывать в единицах роста строчных букв, миллиметрах или угловых единицах.
4. Необходимо строго учитывать геометрическое расстояние от глаз читателя до предъявляемого образца; оптимальным можно считать использование некоторого стандартного расстояния (например, для детей – 25 см, для взрослых – 40 см), что позволит вычислять угловые расстояния, наиболее адекватные оптической системе человеческого глаза.
5. Необходимо учитывать условия чтения (освещенность образца, контраст текста и фона, спектр отражения и/или оптическую плотность символов текста и подложки) и приводить их к каким-либо стандартным условиям, например, в качестве стандарта условий просмотра использовать ISO 3664:2009.

Существует проблема, препятствующая проведению исследований и получению объективных результатов: мы не можем избежать культуральной обусловленности процесса чтения (результат обучения, привычки, склонности, субъективные суждения). Возможным вариантом решения этой проблемы может стать переобучение респондентов на сгенерированный по результатам исследований «идеальный» шрифт, обладающий оптимальными, с точки зрения восприятия, пространственными характеристиками.

Учет особенностей восприятия различных шрифтов и гарнитур, а также измерения их разборчивости предлагается проводить, введя новый показатель, основанный на мере изре-

занности символов и букв. Показатель основывается на идеях фрактальной геометрии и включает периметр абриса символа и площадь занимаемой им поверхности [250]. Каждому шрифту возможно поставить в соответствие подобный показатель и на его базе давать количественные оценки.

Важным вопросом, на который пока не найдено ответа, является выявление разницы механизмов восприятия изображений и символов. Когда и как «картинка» становится «буквой»? Ответ на этот вопрос позволит создать единую модель восприятия когнитивной информации. Возможной идеологией, способной указать пути решения этого вопроса, может стать фрактальная идеология, в которой можно оценить меру развитости фигуры и степень отклика на нее сенсорной системы человека. Исходя из этой же идеологии можно оценивать шрифты (размер и форма засечек, гармония, единообразие и пр.).

Несмотря на большое число теоретических и практических работ и публикаций, в исследуемых научных направлениях существует ряд нерешенных задач. В частности, это построение модели чтения, определение предикторов скорости чтения и понимания читаемой информации. Таким образом, актуальной задачей является разработка квалиметрического подхода к оценке текстовой информации, выявление предикторов скорости чтения и построение общей модели чтения.

Список библиографических ссылок

1. Феличи Д. Типографика: шрифт, верстка, дизайн. СПб. : БХВ-Петербург, 2004. 496 с.
2. Общий курс физиологии человека и животных. В 2 кн. Кн. 1. Физиология нервной, мышечной и сенсорной систем: учеб. для биол. и медич. спец. вузов. / А. Д. Ноздрачев, И. А. Баранникова, А. С. Батуев и др.; под ред. А. Д. Ноздрачева. М. : Высшая школа, 1991. 512 с.
3. Watson A. B., Yellott J. I. A unified formula for light-adapted pupil size // Journal of Vision. 2012. № 12. P. 1–16.
4. Луизов А. В. Глаз и свет. Л. : Энергоатомиздат, 1983. 144 с.
5. Волков В. В., Шелепин Ю. Е., Колесникова Л. И. Атлас и пособие по визоконтрастметрии. Л. : ЦВМУ, 1987.
6. Муравьева С. В., Пронин С. В., Шелепин Ю. Е. Контрастная чувствительность зрительной системы человека // Экспериментальная психология. 2010. Том 3. № 3. С. 5–20.
7. Adrian W. K. Visual Performance, Acuity and Age: Lux Europa // Proceedings of the VIIth European Lighting Conference. London: CIBSE, 1993.
8. Hecht E. Optics (2-nd ed.). Addison-Wesley: Reading, MA, USA, 1987. 680 p.
9. Дубасова А. В. Движения глаз во время чтения: от общих теорий к частным. URL: <https://www.academia.edu/3074458> (дата обращения: 20.09.2013).
10. Hildebrand G. D., Fielder A. R. Anatomy and physiology of the retina. Reynolds J., Olitsky S. (eds.), Pediatric Retina. Springer-Verlag : Berlin Heidelberg, 2011. P. 39–65.
11. Vision and Visual Perception / C. H. Graham, N. R. Barlett, J. L. Brown, Y. Hsia, C. G. Mueller, L. A. Riggs. New York : John Wiley and Sons, Inc., 1965. 637 p.
12. Разработка универсальной просмотровой камеры для квалитетических исследований в соответствии с ISO 3664:2009 / Д. А. Тарасов, С. П. Арапова, С. Ю. Арапов, А. П. Сергеев // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2014. № 1. С. 27–36.
13. Hermann L. Eine Erscheinung simultanen Contrastes // Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie. 1870. № 3. P. 13–15.
14. Ludvigh E. Extrafoveal visual acuity as measured with Snellen test-letters // Am. Jour. of Ophthalmology. 1941. № 24. P. 303–310.

15. Mishkin M., Forgays G. Word recognition as a function of retinal locus // *Journal of Experimental Psychology*, 1952. № 43. P. 43–48.
16. Forgays D. G. The development of differential word recognition // *Journal of Experimental Psychology*. 1953. № 45. P. 165–168.
17. Heron W. Perception as a function of retinal locus and attention // *American Journal of Psychology*. 1957. № 70. P. 38–48.
18. Orbach J. Differential recognition of Hebrew and English words in right and left visual fields as a function of cerebral dominance and reading habits // *Neuropsychologia*. 1967. № 5. P. 127–134.
19. Taylor S. E. Eye movements in reading: Facts and fallacies // *American Educational Research Journal*. 1965. Vol. 2. № 4. P. 187–202.
20. Bouma H. Interaction effects in parafoveal letter recognition // *Nature*. 1970. № 226. P. 177–178.
21. Bouma H. Visual interference in the parafoveal recognition of initial and final letters of words // *Vision Research*. 1973. № 13. P. 767–782.
22. Bouma H., Legein C. P. Foveal and parafoveal recognition of letters and words by dyslexics and by average readers // *Neuropsychologia*. 1977. № 15. P. 69–80.
23. Bouma H. Visual reading processes and the quality of text displays. In E. Grandjean & E. Vigliani (Ed.), *Ergonomic aspects of visual display terminals*. London, UK: Taylor & Francis, 1980. P. 101–114.
24. Spenser H. *The visible world*. Royal College of Art. The Times Drawing Office. London : Lund Humphries, 1968. P. 107.
25. Boff K. R., Kaufmann L., Thomas J. P., eds. *Handbook of perception and human performance*. New York : Wiley, 1986.
26. Назаров А. И. Обратная связь в зрительном восприятии // *Научная мысль*. 1970. № 12. С. 771–776.
27. Nazarov A. Feedback in visual perception // *Soviet science review*. 1971. Vol. 2. № 4. P. 202–206.
28. Radach R., Kennedy A. Theoretical perspectives on eye movements in reading: Past controversies, current issues, and an agenda for future research // *European Journal of Cognitive Psychology*. 2004. Vol. 16. № 1/2. P. 3–26.
29. McConkie G. W. *Eye movements and perception during reading. Eye movements in reading: Perceptual and language processes*. New York : Academic Press Inc., 1983.
30. Rayner K., Pollatsek A. Eye movement control during reading: Evidence for direct control // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1981. Vol. 33. P. 351–373.

31. Liversedge S. P., Paterson K. B., Pickering M. J. Eye movements and measures of reading time. G. Underwood (Ed.). Eye guidance in reading and scene perception. Oxford, UK : Elsevier, 1998. P. 55–76.
32. Murray W. S. Sentence processing: Issues and measures / A. Kennedy, R. Radach, D. Heller, J. Pynte (Eds.). Reading as a perceptual process. Oxford, UK : Elsevier, 2000. P. 649–664.
33. Hyönä E. J., Lorch R. F., Rinck M. Eye movement measures to study global text processing. /J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel (Eds.). The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research. Amsterdam : Elsevier Science, 2003. P. 313–334.
34. McConkie G. W., Rayner K. The span of the effective stimulus during a fixation in reading. // Perception and Psychophysics. 1975. Vol. 17. P. 578–586.
35. Rayner K., Bertera J. H. Reading without fovea // Science. 1979. Vol. 206. P. 468–469.
36. Rayner K. Eye guidance in reading: fixation location within words. // Perception. 1979. № 8. P. 21–30.
37. Just M. A., Carpenter P. A. A theory of reading: From eye fixations to comprehension // Psychological Review. 1980. Vol. 87. P. 329–354.
38. Rayner K., Well A. D. Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination // Psychonomic Bulletin and Review. 1996. Vol. 3. P. 504–509.
39. Brysbaert M., Vitu F. Word Skipping: Implications for Theories of Eye Movement Control in Reading / Underwood G. (Editor). Eye Guidance in Reading and Scene Perception. Amsterdam : Elsevier Science, Ltd. Ch. 6, 1998. P. 125–147.
40. Blanchard H. E., Pollatsek A., Rayner K. The acquisition of parafoveal word information in reading // Perception and Psychophysics. 1989. Vol. 46. P. 85–94.
41. Radach R., McConkie G. W. Determinants of fixation positions in words during reading / G. Underwood (Ed.). Eye guidance in reading and scene perception. Oxford, UK : Elsevier, 1998. P. 77–100.
42. Sereno S.C, Rayner K., Posner M.I. Establishing a timeline of processing during reading: Evidence from eye movements and event-related potentials. // Neuro Report. 1998. Vol. 9. 2195–2200.
43. Drieghe D., Brysbaert M., Desmet T., DeBaecke C. Word skipping in reading: On the interplay of linguistic and visual factors. // European Journal of Cognitive Psychology. 2004. Vol. 16. №1/2. 79–103.
44. Inhoff A.W., Radach R., Starr M., Greenberg S. Allocation of visuo-spatial attention and saccade programming during reading / A. Kennedy, R. Radach, D. Heller, & J. Pynte (Eds.). Reading as a perceptual process. Oxford, UK : Elsevier, 2000. P. 221–246.
45. Zola D. Redundancy and word perception during reading // Perception and Psychophysics.

1984. Vol. 36. P. 280–281.

46. Schustack M. W., Ehrlich S. F., Rayner K. Local and global sources of contextual facilitation in reading // *Journal of Memory and Language*. 1987. Vol. 26. P. 322–340.
47. Vonk W., Radach R., van Reijn H. Eye guidance and the saliency of word beginnings in reading text / A. Kennedy, R. Radach, D. Heller, & J. Pynte (Eds.). *Reading as a perceptual process*. Oxford, UK : Elsevier, 2000. P. 269–300.
48. Pynte J., Kennedy A., Murray W. S. Within-word inspection strategies in continuous reading: The time-course of perceptual, lexical and contextual processes // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1991. Vol. 17. P. 458–470.
49. Deubel H., O'Regan K., Radach R. Attention, information processing and eye movement control. /A. Kennedy, R. Radach, D. Heller, & J. Pynte (Eds.), *Reading as a perceptual process* (pp. 355–374). Oxford, UK: Elsevier. 2000.
50. Eye movement control during reading: I. The location of initial eye fixations in words / McConkie G. W., Kerr P. W., Reddix M. D., Zola D. // *Vision Research*. 1988. Vol. 28. P. 1107–1118.
51. Sereno S. C, Rayner K. The when and where of reading in the brain // *Brain and Cognition*. 2000. Vol. 42. P. 78–81.
52. Morrison R. E. Manipulation of stimulus onset delay in reading: Evidence for parallel programming of saccades // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1984. Vol. 10. P. 667–682.
53. O'Regan J. K. Eye movements and reading / E. Kowler (Ed.) // *Reviews of oculomotor research: Eye movements and their role in visual and cognitive processes*. Amsterdam : Elsevier. 1990. Vol. 4. P. 395–453.
54. O'Regan J. K. Optimal viewing position in words and the strategy-tactics theory of eye movements in reading / K. Rayner (Ed.) // *Eye movements and visual cognition: Scene perception and reading*. New York : Springer, 1992. P. 333–354.
55. Rayner K., Sereno S. C., Raney G. E. Eye movement control in reading: A comparison of two types of models // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1996. Vol. 22. P. 1188–1200.
56. Reichle E. D., Pollatsek A., Fisher D. L., Rayner K. Toward a model of eye movement control in reading // *Psychological Review*. 1998. Vol. 105. P. 125–157.
57. Hyönä E. J., Bertram R. Do frequency characteristics of nonfixated words influence the processing of fixated words during reading? // *European Journal of Cognitive Psychology*. 2004. Vol. 16, № 1/2. P. 104–127.
58. Kennedy A. Parafoveal processing in word recognition // *The quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2000. Vol. 53A. P. 429–455.

59. Kennedy A., Pynte J., Ducrot S. Parafoveal-on-foveal interactions in word recognition // The quarterly journal of experimental psychology. 2002. Vol. 55A (4). P. 1307–1337.
60. Pynte J., Kennedy A., Ducrot S. The influence of parafoveal typographical errors on eye movements in reading // European Journal of Cognitive Psychology. 2004. Vol.16. № 1/2. P. 178–202.
61. Yang S. N., McConkie G. W. Eye movements during reading: A theory of saccade initiation times // Vision Research. 2001. Vol. 41. № 25–26. P. 3567–3585.
62. Yang S. N., McConkie G. W. Saccadic generation during reading: are words necessary? // European Journal of Cognitive Psychology. 2004. Vol. 16. № 1/2. P. 226–261.
63. Rayner K., McConkie G. W., Zola D. Integrating information across fixations // Cognitive psychology. 1980. Vol. 12. P. 206–226.
64. Rayner K., Pollatsek A. Eye movement in reading: a tutorial review / Attention and performance XII: The psychology of reading. M. Colthaert, ed., Hove, 1987.
65. Rayner K., Pollatsek A. The Psychology of Reading. Englewood Cliffs. NJ : Prentice-Hall, 1989.
66. Rayner K., Fischer M. Mindless reading revisited: eye movements during reading and scanning are different // Perception and Psychophysics. 1996. № 58. P. 734–747.
67. Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research // Psychological Bulletin. 1998. Vol. 124. P. 372–422.
68. Deutsch A., Rayner K. Initial fixation position in Hebrew: influences of morphology and reading direction // Language and Cognitive Processes. 1999. № 14. P. 393–421.
69. Величковский Б. М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. Т. 2. М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. 432 с. Разд. 7.2.3.
70. Назаров А. И., Мещеряков Б. Г. Движения глаз в процессе чтения // Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». 2009. № 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.psyanima.ru/journal/2009/2> (дата обращения: 27.11.2013).
71. Hyönä E. J., Nurminen A. M. Do adult readers know how they read? Evidence from eye movement patterns and verbal reports // British Journal of Psychology. 2006. Vol. 97. P. 31–50.
72. Burton C., Daneman M. Compensating for a limited working memory capacity during reading: evidence from eye movements // Reading Psychology. 2007. Vol. 28. P. 163–186.
73. Angele B., Slattery T. J., Chaloukian T. L., Schotter E. R., Rayner K. Improving the visual appeal of classroom handouts. The 24th Annual CUNY Conference on Human Sentence Processing (March 24–26). Stanford University, 2011.

74. Barber H. A., Ben-Zvi S., Bentin S., Kutas M. Parafoveal perception during sentence reading? An ERP paradigm using rapid serial visual presentation (RSVP) with flankers // *Psychophysiology*. 2011. № 48 (4). P. 523–531.
75. Nanavati A. A., Bias R. G. Optimal line length in reading – A literature review // *Visible Language*. 2005. № 39(2). P. 121–145.
76. Vanderschantz N. Reviewing the understanding of the effects of spacing on children's eye movements for on-screen reading. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cs.waikato.ac.nz/pubs/wp/2008/uow-cs-wp-2008-06.pdf> (дата обращения: 20.07.2013).
77. Adler F. H. (Moses R. A., ed.) Adler's physiology of the eye: Clinical application. The C.V. Mosby Company. St. Louis, 1981.
78. Mansfield J. S., Legge G. E., Bane M. C. Psychophysics of reading XV: Font effects in normal and low vision // *Invest. Ophthalmology Vis. Sci.* 1996. № 37. P. 1492–1501.
79. Croner L. J., Kaplan E. Receptive fields of M. Ganglion Cells across the primate retina // *Vision research*. 1995. № 35. P. 7–24.
80. Van Rossum M. C. W. Measuring font legibility (1998). [Электронный ресурс]. URL: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/mvanross/reprints/legibility.pdf> (дата обращения: 25.10.2012).
81. Барабанщиков В. А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 1997. 384 с.
82. Abrams R. A., Meyer D. E., Kornblum S. Speed and accuracy of saccadic eye movements: Characteristics of impulse variability in the oculomotor system // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1989. Vol. 18. P. 529–543.
83. Ishida T., Ikeda M. Temporal properties of information extraction in reading studied by a text mask replacement technique // *Journal of the Optical Society A: Optics and Image Science*. 1989. Vol. 6. P. 1624–1632.
84. Carpenter P. A., Just M. A. What your eyes do while your mind is reading / K. Rayner (Eds.). *Eye movements in reading: Perceptual and language processes*. New York: Academic Press, 1983. P. 275–307.
85. Just M. A., Carpenter P. A. *The Psychology of Reading and Language Comprehension*. Boston, MA: AUyn and Bacon, 1987.
86. Rayner K., Duffy S. A. On line comprehension processes and eye movements in reading / M. Daneman, G. E. MacKinnon & T. G. Waller (Eds.). *Reading research: Advances in theory and practice*. New York: Academic Press, 1988. P. 13–66.
87. Eye movement control during single-word reading in dyslexics / MacKeben M., Trauzettel-Klosinski S., Reinhard J., Dürrwächter U., Adler M., Klosinski G. // *Journal of Vision*.

2004. № 4. P. 388–402.

88. Weber A. Ueber die Augenuntersuchungen in den höheren schulen zu Darmstadt. Abtheilung für Gesundheitspflege. März, 1881.
89. Javel E. L'evolution de la typographic considerée dans ses rapports avec l'hygiène de la vue. // *Revue Scientifique*. 1881. № 1. P. 802–813.
90. Cohn H. Die Hygiene des Auges in den Schulen. Leipzig, 1883.
91. Cattell J. M. The inertia of the eye and the brain // *Brain*. 1885. № 8. P. 295–312.
92. Messmer O. Zur Psychologie des Lesens bei Kinder und Erwachsenen // *Arch. Ges. Psychol.* 1904. № 2. P. 190–298.
93. Каров П. Шрифтовые технологии. Описание и инструментарий. М.: Мир, 2001. 454 с.
94. Pyke R. L. Report on the legibility of print. H. M. Stationery Office. London, 1926. 123 p.
95. Tinker M. A., Paterson D. G. Studies of typographical factors influencing speed of reading: I. Influence of type form on speed of reading // *Journal of Applied Psychology*. 1928. № 12. P. 359–368.
96. Tinker M. A., Paterson D. G. Studies of typographical factors influencing speed of reading: III. Length of line // *Journal of Applied Psychology*. 1929. № 13(3). P. 205–219.
97. Tinker M. A., Paterson D. G. Studies of typographical factors influencing speed of reading: XIII. Methodological considerations // *Journal of Applied Psychology*. 1936. № 20. P. 132–145.
98. Tinker M. A., Paterson D. G. Speed of reading in nine point type in relation to line width and leading // *Journal of Applied Psychology*. 1949. № 33. P. 81–82.
99. Tinker M. A., Paterson D. G. Typography and legibility in reading. In.: Fryer, D.H. & Henry, E.R. eds.: *Handbook of applied psychology*. New York : Rinehart and Company inc., 1950.
100. Артемов В. А. Технографический анализ суммарных букв нового алфавита // *Письменность и революция*. М. 1933. № 1. С. 5–76.
101. Ушакова М. Н. Новый шрифт для газет // *Полиграфическое производство*. 1952. № 4. С. 22–23.
102. Ушакова М. Н. Новый шрифт для художественной литературы // *Полиграфическое производство*. 1952. № 11. С. 26–28.
103. Ушакова М. Н. Новый шрифт для многотиражной художественной литературы // *Полиграфическое производство*. 1959. № 11. С. 26–27.
104. Александрова Н. А., Чиминова В. Г. Новые шрифты для газет // *Полиграфическое производство*. 1962. № 5. С. 57–61.

105. Taylor E. A. The Fundamental Reading Skill // Journal of Developmental Reading. 1958. Vol. 1. № 4. P. 21–30.
106. Taylor E. A. The fundamental reading skill as related to eye-movement photography and visual anomalies. Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1966. P. 157.
107. Tinker M. A. Legibility of print. Iowa State University Press : Ames; Iowa, 1963. 329 p.
108. Tinker M. A. Bases for effective reading. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1965.
109. Гешев М. Я., Колосов А. И. Влияние некоторых технологических факторов набора на удобочитаемость текстов // Научные труды по технологии полиграфического производства. М. : Моск. полигр. ин-т. 1973. № 20. С. 18–21.
110. Гешев М. Я. Разработка методики определения удобочитаемости текстов и исследование влияния отдельных факторов на технологию набора и параметры шрифта: дис. канд. техн. наук. М. : МПИ, 1973.
111. Poulton E. C. Effects of printing types and formats on the comprehension of scientific journals // Nature. 1959. № 184. P. 1824–1825.
112. Hartley J., Burnhill P., Fraser S. Typographical problems of journal design // Applied Ergonomics. 1974. № 5. P. 15–20.
113. Creed A., Dennis I., Newstead S. Proof-reading on VDUs // Behaviour & Information Technology. 1987. № 6. P. 3–13.
114. Foster J. J. A study of the legibility of one and two column layouts for B. P. S. publications // Bulletin of the British Psychological Society. 1970. № 23. P. 113–114.
115. Andreyev V., Martynov A. Effects of splitting text into multiple columns. Dept of Computer Science Class Project, Univ. of Maryland, College Park, MD. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.otal.umd.edu/SHORE2000/multicol/index.html> (дата обращения: 10.02.2013).
116. Lam K., Lam Y., Liu J., Shin U. Reading comprehension and rate: One column vs. three columns (2000). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.otal.umd.edu/SHORE2000/columns> (дата обращения: 10.02.2013).
117. Neal A., Darnell M. Text editing performance with partial line, partial page and full page displays // Human Factors. 1984. № 26. P. 431–441.
118. Youngman M., Scharff L.V. Text width and border space influences on readability of GUIs // Proceedings of the Twelfth National Conference on Undergraduate Research. 1998. № 2. P. 786–789.
119. Duchnicky R. L., Kolers P. A. Readability of text scrolled on visual display terminals as a function of window size // Human Factors. 1983. № 25. P. 683–692.

120. Kolers P. A., Duchnick R. L., Ferguson D. C. Eye movement measurement of readability of CRT displays // *Human Factors*. 1981. № 23. P. 517–527.
121. Zaphiris P., Kurniawan S. H. Effects of information layout on reading speed differences between paper and monitor presentation. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting*. Santa Monica, CA : Human Factors and Ergonomics Society, 2001. P. 1210–1214.
122. Dyson M. C., Kipping G. J. The effects of line length and method of movement on patterns of reading from screen // *Visible Language*. 1998. № 32. P. 150–181.
123. Dyson M. C., Kipping G. J. The legibility of screen formats: Are three columns better than one? // *Computers & Graphics*. 1997. № 21(6). P. 703–712.
124. Sanford A. J. *The Mind of Man: Models of Human Understanding*. Brighton. The Harvester Press, 1987.
125. Sanocki T., Dyson M. C. Letter processing and font information during reading: beyond distinctiveness, where vision meets design // *Atten Percept Psychophys*. 2012. № 74 (1). P. 132–145.
126. Knoblauch A., Arditi A., Szlyk J. Effects of chromatic and luminance contrast on reading // *J. Opt. Soc. Am.*, 1991. A 8. P. 428–438.
127. Arditi A., Knoblauch A., Grunwald I. Reading with fixed and variable character pitch // 1990. A 7. P. 2011–2015.
128. Morris R. A., Berry K., Hargreaver D., Liarokapis D. How typeface variation and typographic scaling affect readability at small sizes. *Proceedings of the 7th International Congress on Advances in Non-impact Printing Technologies*. Portland, OR : Society for Imaging Science and Technology, 1991.
129. De Lange R. W., Esterhuizen H. L., Beatty D. Performance differences between Times and Helvetica in a reading task // *Electronic Publishing*. 1993. № 6 (3). P. 241–248.
130. Dowhower S. Aspects of repeated reading on secondgrade transitional readers' fluency and comprehension // *Reading Research Quarterly*. 1987. № 22. P. 389–406.
131. Tan A., Nicholson T. Flashcards revisited: Training poor readers to read words faster improves their comprehension of text // *Journal of Educational Psychology*. 1997. № 59. P. 276–288.
132. Fuchs L. S., Fuchs D., Hosp M. K., Jenkins, J. R. Oral reading fluency as an indicator of reading competence: A theoretical, empirical, and historical analysis // *Scientific Studies of Reading*. 2001. № 5. P. 241–258.
133. Rand Reading Study Group. Reading for understanding: Towards an R&D program in reading comprehension (2002). [Электронный ресурс]. URL: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monograph_reports/2005/MR1465.pdf (дата обращения: 15.06.2013).

134. Yule V. The design of print for children: Sales appeal and user appeal // Reading. 1988. № 22. P. 96–105.
135. Hughes L. E., Wilkins A. J. Typography in children's reading schemes may be suboptimal: Evidence from measures of reading rate // Journal of Research in Reading. 2000. № 23(3). P. 314–324.
136. Hughes L. E., Wilkins A. J. Reading at a distance: Implications for the design of text in children's big books // British Journal of Educational Psychology. 2002. № 72. P. 213–226.
137. Kruk R. S., Muter P. Reading continuous text on video screens // Human Factors. 1984. № 26. P. 339–345.
138. Muter P., Maurutto P. Reading and skimming from computer screens and books: The paperless office revisited? // Behaviour & Information Technology. 1991. № 10. P. 257–266.
139. Morrison R. E., Inhoff A. W. Visual factors and eye movements in reading // Visible Language. 1981. № 15. P. 129–146.
140. Chuang C. R. The effects of Chinese text layouts on reading speed. In H. S. R. Kao & C. Cheng (Eds.). Psychological aspects of Chinese language. Taipei, Taiwan : Crane Publishing Company, 1982. P. 219–226.
141. Reading online text: A comparison of four white space layouts / B. Chaparro, J. R. Baker, A. D. Shaikh, S. Hull, L. Brady // Usability News. 2004. № 6 (2). P. 1–7.
142. Bruce V., Green P. Visual perception: Physiology, psychology and ecology. London, UK : Lawrence Erlbaum, 1985.
143. Hartley J. Designing instructional text (3rd ed.). London, UK : Kogan, 1994.
144. Токарь О. В., Зильберглейт М. А., Петрова Л. И. Удобочитаемость шрифтов // Известия вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2004. № 2. С. 79–92.
145. Токарь О. В. Технология оценки качества полиграфического шрифта // Молодой ученый. 2011. № 12. Т. 1. С. 56–58.
146. Бизяев А. Ю., Барышников Г. М., Ефимов В. В. Шрифты. Разработка и использование. М. : Эком, 1997. 285 с.
147. Капелев В. В., Каширкина Е. В. Выбор коэффициента интерлиньяжа для книжных изданий // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2006. № 3. С. 45–52.
148. Евсеев И. В. Нормализация параметров верстки книжных изданий для взрослых читателей // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2011. № 3. С. 46–53.
149. Книга как художественный предмет / Е.Б. Адамов [и др.]. Ч. 1. М. : Книга, 1988.

150. Рудер Э. Типографика / Пер. с нем., послесл. коммент. Максима Жукова. М. : Книга, 1982. 288 с.
151. Шрифты. Разработка и использование / Г.М. Барышников [и др.]. М. : ЭКОМ, 1997. 288 с.
152. Брингхерст Р. Основы стиля в типографике / Коммент. В. Ефимова. М. : Д. Аронов, 2006. 432 с.
153. The Influence of Font Type on Information Recall / M. Gasser, J. Boeke, M. Haffernan, R. Tan // North American Journal of Psychology. 2005. Vol. 7. Issue 2. P. 181–188.
154. Larson K., Hazlett R. L., Chaparro B. S., Picard R. W. Measuring the Aesthetics of Reading. People and computers XX: Engage: proceedings of HCI 2006. The 20nd British HCI Group annual conference, Liverpool John Moores University, UK : British Computer Society. Bryan-Kinns N., Blandford A., Curzon P., Nigay L. (Eds.) 2007. XV. (282 p.) P. 41–56.
155. Sheedy J. E., Subbaram M. V., Zimmerman A. B., Hayes J. R. Text legibility and letter superiority effect. Human Factors // The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society. 2005. № 47(4). P. 797–815.
156. Lee Y. S. A study of reading with a handled computer (Master's thesis proposal). [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-08192003-112623/unrestricted/Lee_ThesisFinal.pdf (дата обращения: 10.11.2012).
157. McCarthy M. S., Mothersbaugh D. L. Effects of typographic factors in advertising-based persuasion: A general model and initial empirical tests // Psychology & Marketing. 2002. №19 (7–8). P. 663–691.
158. Pardo L. S. What every teacher needs to know about comprehension // The Reading Teacher. 2004. № 58 (3). P. 272–280.
159. Oberauer K., Kliegl R. Beyond resources: Formal models of complexity effects and age differences in working memory // European Journal of Cognitive Psychology. 2001. №13 (1/2). P. 187–215.
160. Mills C. B., Weldon L. J. Reading text from computer screens // ACM Computing Surveys. 1987. № 19 (4). P. 329–358.
161. Woods R. J., Davis K., Scharff L. V. F. Effects of typeface and font size on legibility for children // American Journal of Psychological Research. 2005. №1 (1). P. 86–102.
162. Friedman J. J. A note on the type. Font designers imagine a better-looking web. Technology Review. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.technologyreview.com/article/23503/> (дата обращения: 12.10.2012).
163. Geske J. Legibility of sans serif type for use as body copy in computer mediated communication. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.public.iastate.edu/~geske/scholarship.html> (дата обращения: 10.11.2012).

164. Moret-Tetay C., Perea M. Do serifs provide an advantage in the recognition of written words? // *Journal of Cognitive Psychology*. 2011. № 23 (5). P. 619–624.
165. O'Brien B. A., Mansfield J. S., Legge G. E. The effect of print size on reading speed in dyslexia // *J Res Read*. 2005. № 28 (3). P. 332–349.
166. Perea M., Moret-Tatay C., Gómez P. The effects of inter letter spacing in visual word recognition // *Acta Psychologica*. 2011. № 137. P. 345–351.
167. Bernard M. L., Chaparro B. S., Mills M. M., Halcomb C. G. Comparing the effects of text size and format on the readability of computer-displayed *Times New Roman* and *Arial* text. // *International Journal Human-Computer Studies*. 2003. № 59. P. 823–835.
168. Subbaram V. M. Effect of display and text parameters on reading performance (Doctoral dissertation). [Электронный ресурс]. URL: <http://etd.ohiolink.edu/view.cgi/Subbaram%20Venkiteshwar%20Manoj.pdf?osu1089408221> (дата обращения: 18.10.2012).
169. Delamate W. E. How larger font size impacts reading and the implications for educational use of digital text readers. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ereadia.com/research/How_Larger_Font_Size_Affects_Reading.pdf (дата обращения: 15.10.2012).
170. Silver N. C., Braun C. C. Perceived readability of warning labels with varied font sizes and styles // *Safety Science*. 1993. № 16 (5–6). P. 615–625.
171. Legge G. E., Ahn S. J., Klitz T. S., Luebker A. Psychophysics of reading – XVI. The Visual spans in normal and low vision // *Vision Research*. 1997. № 37 (14). P. 1999–2010.
172. Legge G. E., Biglow C. A. Does print size matter for reading? A review of findings from vision science and typography // *Journal of Vision*. 2011. № 11(5, 8). P. 1–22.
173. Hartley J. Designing instructional and informational text (2004). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aect.org/edtech/34.pdf> (дата обращения: 02.06.2012).
174. Soleimani H., Mohammad E. The Effect of Text Typographical Features on Legibility, Comprehension, and Retrieval of EFL Learners // *English Language Teaching*. 2012. Vol. 5, № 8. P. 207–216.
175. Bloodsworth J. G. In Legibility of print. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED355497.pdf> (дата обращения: 01.12.2012).
176. Beymer D., Russell D., Orton P. An eye tracking study of how font size and type influence online reading. People and computers XXII : culture, creativity, interaction : proceedings of HCI 2008, the 22nd British HCI Group annual conference. Presented at the 22nd British HCI Group annual conference, Liverpool John Moores University, UK : British Computer Society. 2008. Vol. 2.
177. Romney C. Improving the visual appeal of classroom handouts. JALT2005 Conference Proceeding. Tokyo: JALT. [Электронный ресурс]. URL: <http://jalt-publications.org/archive/proceedings/2005/E121.pdf> (дата обращения: 11.11.2012).

178. Arditi A., Cho J. Serifs and font legibility // *Vision Research*. 2005. № 45. P. 2926–2933.
179. Scales A. Y. Improving instructional materials by improving document formatting. Unpublished paper presented at ASEE southeast section conference, North Carolina. [Электронный ресурс]. URL: <http://155.225.14.146/aseese/proceedings/ASEE2002/P2002060INSTRSCA.pdf> (дата обращения: 24.10.2012).
180. Hooper S., Hannafin M. Y. Variables affecting the legibility of computer generated text // *Journal of Instructional Development*. 1986. № 9 (4). P. 22–28.
181. Ganayim D., Ibrahim R. How Do Typographical Factors Affect Reading Text and Comprehension Performance in Arabic? // *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 2013. № 55. P. 323.
182. Effect of line spacing on reading speed in normally sighted subjects with an artificial scotoma / Bernard J. B., Scherlen A. C., Vitu-Thibault F., Castet E. // *Journal of Vision*. 2007. Vol. 7. № 9. P. 518–518a.
183. Bernard M. L., Fernandez M., Hull S. The effects of line length on children and adults' online reading performance // *Usability News*. 2002. № 4. Issue 2. [Электронный ресурс]. URL: http://psychology.wichita.edu/surl/usabilitynews/42/text_length.asp (дата обращения: 29.06.2012).
184. Bailey R. W. The optimal line length for reading prose text (2002). [Электронный ресурс]. URL: http://www.humanfactors.com/newsletters/optimal_line_length.asp (дата обращения: 12.09.2012).
185. De Bruijn D., De Mul S., Van Oostendorp H. The influence of screen size and text layout on the study of text // *Behaviour & Information Technology*. 1992. № 11. P. 71–78.
186. Dyson M. C., Haselgrove M. The influence of reading speed and line length on the effectiveness of reading from a screen // *International Journal of Human-Computer Studies*. 2001. № 54. P. 585–612.
187. Тарасов Д. А., Фоминых О. А., Сергеев А. П., Арапова С. П. Разрешение как предиктор квалитетического решения // *Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела*. 2012. № 6. С. 81–91.
188. Тарасов Д. А., Сергеев А. П., Корнилова Ю. И. Интерлиньяж как фактор скорости чтения на примере бумажных и веб-текстов // *Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела*. 2013. № 2. С. 81–88.
189. Тарасов Д. А., Колмогоров Ю. Н., Сергеев А. П. Некоторые вопросы влияния интерлиньяжа на удобочитаемость и субъективно воспринимаемое качество текстов в полиграфии и веб-дизайне // *Качество. Инновации. Образование*. 2013. № 8 (99). С. 56–61.
190. Tarasov D. A., Sergeev A. P. The leading as a factor of readability: development of the methodology for educational use // *Procedia – Social and Behavioral Sciences, Elsevier*. 2013. Vol. 106. P. 2914–2920.

191. Sergeev A. P., Tarasov D. A. Highschool paper textbooks usability: leading and satisfaction. // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Elsevier. 2013. Vol. 106. P. 1278–1291.
192. Daly S. The visible differences predictor: an algorithm for the assessment of image fidelity. *Digital images and human vision*. MIT Press Cambridge, MA, 1993. P. 179–206.
193. Quantitative and functional influence of surround luminance on the letter contrast sensitivity function / Aparicio J. A., Arranz I., Matesanz B. M., Vizmanos J. G., Padierna L., Gonzalez V. R., Mar S., Menendez J. A., Issolio L. // *Ophthalmic and physiological optics*. 2010. № 30. P. 188–199.
194. Graf W., Krueger H. Ergonomic evaluation of user-interfaces by means of eye-movement data // *Proceedings of the third international conference on human-computer interaction, on Work with computers: organizational, management, stress and health aspects*. Boston, Massachusetts, USA. 1989. Vol. 1. P. 659–665.
195. Tullis T. S. Screen design / Helander M., Landauer T.K., Prabhu P. (Eds.). *Handbook of Human-Computer Interaction*, Elsevier, Oxford. 1997. P. 503–531.
196. Davidov A. Computer screens are not like paper: typography on the web / Sassoon R. (Ed.) // *Computers and Typography*. Intellect, Bristol. 2002. Vol. 2. P. 21–41.
197. Dyson M. C. How physical text layout affects reading from screen // *Behaviour & Information Technology*. 2004. № 23. P. 377–393.
198. McPherson M. A., Nunes J. M., Zafeiriou G. New tutoring skills for online learning: Are e-tutors adequately prepared for e-learning delivery? *EDEN 2003 The Quality Dialogue: Integrating Quality Cultures in Flexible, Distance and E-Learning*, Rhodes, Greece. 2003.
199. Web site usability: A designer's guide / Spool J. M., Scanlon T., Schroeder W., Snyder C., DeAngelo T. North Andover, MA: User Interface Engineering. 1997. 176 p.
200. Chaparro B., Bernard M. Finding information on the web: Does the amount of white space really matter? *Proceedings of the Tenth Annual Usability Professionals' Association Conference*. 2001. [Электронный ресурс]. URL: <http://psychology.wichita.edu/surl/usability-news/21/whitespace.asp> (дата обращения: 20.10.2012).
201. Examining children's reading performance and preference for different computer- display text / Bernard M. L., Chaparro B. S., Mills M. M., Halcomb C. C. // *Behaviour&Information Technology*. 2002. № 21 (2). P. 87–96.
202. A comparison of popular online fonts: Which size and type is best? / Bernard M. L., Lida B., Riley S., Hackler T., Janzen K. // *Usability News*. 2002. № 4 (4). P. 1–11.
203. Chandler S. B. Running Head: Legibility and comprehension of onscreen type (Doctoral dissertation). [Электронный ресурс]. URL: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-11172001-152449/unrestricted/chandler.pdf> (дата обращения: 25.10.2012).
204. Ling J., Van Schaik P. The influence of font type and line length on visual search and information retrieval in web pages // *Int. J. Human-Computer Studies*. 2006. № 64. P. 395–404.

205. Flesch R. F. A New Readability Yardstick // *Journal of Applied Psychology*. 1948. Vol. 32 (3). P. 221–233.
206. Taylor W.L. "Cloze procedure": a new tool for measuring readability. // *Journalism Quarterly*. 1953. Vol. 30. 415–433.
207. Bormuth J. Cloze readability procedure [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cse.ucla.edu/products/reports/r004.pdf> (дата обращения: 25.11.2011).
208. Мацковский М. С. Применение формул читабельности для получения некоторых количественных характеристик семантической информации // *Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы*. 1969. № 6. С. 3–7.
209. Мацковский М. С. Различия качественного и количественного подхода к читабельности // *Смысловое восприятие речевого сообщения*. М., 1976. С. 136–137.
210. Методика исследования восприятия информации: сб. науч. тр.: обзор / под общ. ред. Б. М. Фирсова. Л., 1972. 152 с.
211. Подласый И. П. О количественной взаимосвязи между характеристиками учебного материала и его усвоением // *Сов. педагогика*. 1976. № 10. С. 40–45.
212. Микк Я. А. Оптимизация сложности учебного текста: в помощь авт. и ред. М.: Просвещение, 1981. 119 с.
213. Запекина Н. М. Читабельность учебной литературы и продуктивность ее понимания школьниками // *Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела*. 2003. № 4. С. 100–108.
214. Gunning R. The technique of clear writing. McGraw-Hill, 1968. P. 329.
215. McLaughlin G. H. SMOG Grading – a New Readability Formula // *Journal of Reading*. 1969. № 12 (8). P. 639–646.
216. Kincaid J. P., Fishburn R. P., Rogers R. L., Chissom B. S. Derivation of New Readability Formulas for Navy Enlisted Personnel. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a006655.pdf> (дата обращения: 20.10.2012).
217. Coleman M., Liao T. A computer readability formula designed for machine scoring // *Journal of Applied Psychology*. 1975. Vol. 60 (2). P. 283–284.
218. Nazir T. A., O'Regan K. Some results on translation invariance in the human visual system. // *Spatial Vision*. 1990. № 5. P. 81–100.
219. Nazir T. A., O'Regan J. K., Jacobs A. M. On words and their letters // *Bulletin of the Psychonomic Society*. 1991. № 29. P. 171–174.
220. Nazir T. A., Heller D., Sussmann C. Letter visibility and word recognition: the optimal viewing position in printed words // *Perception and Psychophysics*. 1992. № 52. P. 315–328.

221. Nazir T. A. On the relation between the optimal and the preferred viewing position in words during reading / G. d'Ydewalle and J. van Rensbergen (Eds.). *Perception and Cognition: Advances in Eye Movement Research*. Amsterdam : North-Holland, 1993. P. 349–361.
222. Montant M., Nazir T. A., Poncet M. Pure alexia and the viewing position effect in printed words // *Cognitive Neuropsychology*. 1998. № 15 (1/2). P. 93–140.
223. Nazir T. A., Jacobs A. M., O'Regan J.K. Letter legibility and visual word recognition // *Memory and Cognition*. 1998. № 26. P. 810–821.
224. Aghababian V., Nazir T. A. Developing normal reading skills: aspects of visual processes underlying word recognition // *Journal of Experimental Child Psychology*. 2000. № 76. P. 123–150.
225. Nazir T. A. Traces of Print Along the Visual Pathway /A. Kennedy, R. Radach, D. Heller & J. Pynte (Eds.). *Reading as a perceptual process*. Oxford, UK : Elsevier, 2000. P. 3–22.
226. Fischer M. H. Perceiving Spatial Attributes of Print / A. Kennedy, R. Radach, D. Heller & J. Pynte (Eds.). *Reading as a perceptual process*. Oxford, UK : Elsevier, 2000. P. 89–117.
227. Dillon A., Richardson J., McKnight C. The effect of display size and paragraph splitting on reading lengthy text from screen // *Behaviour and Information Technology*. 1990. № 9 (3). P. 215–227.
228. Dillon A. Requirements analysis for hypertext applications: the why, what and how approach // *Applied Ergonomics*. 1991. № 22 (4). P. 458–462.
229. Kennedy A. The Spatial Coding Hypothesis. / K. Rayner (Ed.) *Eye Movements and Visual Cognition*. New York : Springer-Verlag, 1992. P. 379–397.
230. Çepni S., Gökdere M., Küçük M. Adaptation of the readability formulas into the Turkish science textbooks // *Energy Education Science and Technology*. 2002. Vol. 10 (1). P. 49–58.
231. Оборнева И. В. Автоматизация оценки качества восприятия текста // *Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования»*. М. : МГПУ. 2005. № 5 (8). С. 86–91.
232. Оборнева И. В. Математическая модель оценки учебных текстов // *Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования»*. М. : МГПУ. 2005. № 1 (4). С. 141–147.
233. Crossley S. A., Dufty D. E., McCarthy P. M., Mc Namara D. S. Toward a New Readability: A Mixed Model Approach. *Proceedings of the 29th annual conference of the Cognitive Science Society* Austin, TX. 2007. P. 197–202.
234. Окладникова С. В. Модель комплексной оценки читабельности тестовых материалов // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2010. № 3 (11). С. 63–71.
235. Рыбанов А. А. Оценка качества текстов электронных средств обучения // *Школьные технологии*. 2011. № 6. С. 172–174.
236. Izgi U., Seker B. S. Comparing different readability formulas on the examples of science-technology and social science textbooks // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2012. № 46. P. 178–182.

237. Visual Readability Analysis: How to Make Your Writings Easier to Read / Oelke D., Spretke D., Stoffel A., Keim D. A. // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2012. Vol. 18. № 5. P. 662–674.
238. Невдах М. М. Исследование информационных характеристик учебного текста методами многомерного статистического анализа // Прикладная информатика. 2008. №4 (16). С. 117–130.
239. Невдах М. М. Разработка метода автоматизированной оценки сложности учебных текстов для высшей школы // Международная научная конференция «Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения», БГУ. 2008. С. 239–243.
240. Шпаковский Ю. Ф., Невдах М. М. Исследование формальных характеристик учебных текстов методами факторного анализа // Международная научная конференция «Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения», БГУ, 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/55800/1/64.pdf> (дата обращения: 27.09.2011).
241. Зильберглейт М. А., Шпаковский Ю. Ф., Невдах М. М. Повышение качества учебной литературы // Труды БГТУ. 2012. № 9. Издательское дело и полиграфия. С. 89–92.
242. Глушкова К. Е. Береги свое зрение. М. : Медицина, 1987. 50 с.
243. Баранов А. А., Кучма В. Р., Текшева Л. М. Чтение, компьютер и здоровье // Вопросы современной педиатрии. 2008. № 1. Т. 7. С. 21–25.
244. Кравков С. В. Глаз и его работа. М. : Издательство АН СССР, 1950. С. 531.
245. Особенности восприятия информации с электронного устройства для чтения (ридера) / Кучма В. Р., Текшева Л. М., Вятлева О. А., Курганский А. М. // Вопросы школьной и университетской медицины. 2012. № 1. С. 39–46.
246. Jeong H. A comparison of the influence of electronic books and paper books on reading comprehension, eye fatigue, and perception // Electronic Library. 2012. Vol. 30. Iss. 3. P. 390–408.
247. Mangen A., Walgermo B. W., Brønnick K. Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension // International Journal of Educational Research. 2013. № 58. P. 61–68.
248. Морозова Л. В., Новикова Ю. В. Особенности чтения текста с бумажных и электронных носителей // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 1. С. 81–88.
249. Тарбеев А. В. Шрифтовое оформление современного учебника // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2004. № 4. С. 93–102.
250. Тарасов Д. А., Сергеев А. П. К вопросу об интегральной количественной оценке шрифта // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2014. № 5. С. 35–44.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

Тарасов Дмитрий Александрович

ЗРЕНИЕ И ЧТЕНИЕ

Редактор *И. Ю. Плотникова*

Корректор *А. А. Загоруйко*

Компьютерный набор и верстка *Д. А. Тарасова*

Подписано в печать 09.04.2015. Формат 70×100 1/16.

Бумага писчая. Ротационная трафаретная печать.

Усл. печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 6,0.

Тираж 500 экз. Заказ № 01/1504.

Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ

620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5

Тел.: 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41

e-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в типографии АДЕКС-ПРИНТ

620137, Екатеринбург, пер. Парковый, 14

Тел. / факс (343) 365-99-79, e-mail: adexprint@gmail.com

www.adexprint.ru